Χημεία

1

ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

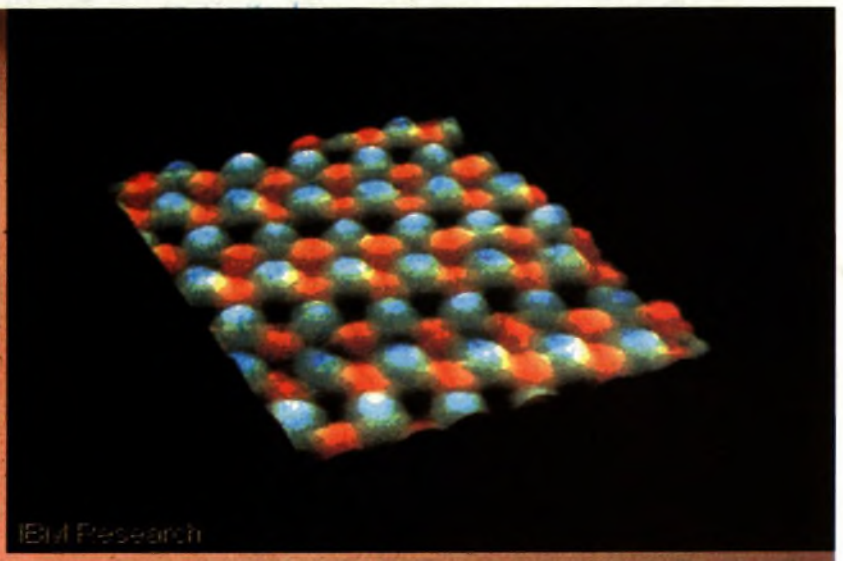
1.1 Με τι ασχολείται η Χημεία - Ποια είναι η σημασία της Χημείας στη ζωή μας
1.2 Γνωρίσματα της ύλης (μάζα, όγκος, πυκνότητα) - Μετρήσεις και μονάδες
1.3 Δομικά σωματίδια της ύλης - Δομή του ατόμου. Ατομικός αριθμός, Μαζικός αριθμός, Ισότοπα
1.4 Καταστάσεις της ύλης - Ιδιότητες της ύλης - Φυσικά και χημικά φαινόμενα
1.5 Ταξινόμηση της ύλης- Διαλύματα - Περιεκτικότητες διαλυμάτων - Διαλυτότητα
Ερωτήσεις - προβλήματα

ΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Στο τέλος αυτής της διδακτικής ενότητας θα πρέπει να μπορείς:

- Να αναγνωρίζεις τη χρησιμότητα αλλά και τις παρενέργειες που έχει η χημεία στην καθημερινή μας ζωή.
- Να διακρίνεις τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της ύλης, δηλαδή, τη μάζα, τον όγκο και την πυκνότητα.
- Να περιγράφεις τα δομικά σωματίδια της ύλης, δηλαδή, τα άτομα, τα μόρια και τα ιόντα. Να ορίζεις τι είναι ατομικός και μαζικός αριθμός.
- Να εντοπίζεις τα χαρακτηριστικά που έχει η αέρια, η υγρή και η στερεά φάση.
- Να ταξινομείς τα φαινόμενα σε χημικά και φυσικά και να διακρίνεις τις διαφορές τους. Να αναγνωρίζεις, από ένα σύνολο μεταβολών, ποια είναι τα φυσικά και ποια τα χημικά φαινόμενα.
- Να αναφέρεις ποιες είναι οι φυσικές και οι χημικές ιδιότητες μιας ουσίας, δίνοντας χαρακτηριστικά παραδείγματα.
- Να ταξινομείς την ύλη σε κατηγορίες (καθαρή ουσία - μίγμα, ομογενές - ετερογενές μίγμα, ένωση - στοιχείο), να διακρίνεις τις διαφορές αυτών. Να αναγνωρίζεις, σ' ένα σύνολο ουσιών σε ποια κατηγορία ανήκει κάθε ουσία.
- Να εκφράζεις ποσοτικά την περιεκτικότητα ενός διαλύματος και να υπολογίζεις την περιεκτικότητα ενός διαλύματος από την ποσότητα του διαλύτη και της διαλυμένης ουσίας. Να ορίζεις τι είναι διαλυτότητα ενός σώματος και να αναφέρεις τους παράγοντες που την επηρεάζουν.

Το άτομο αποτελεί τη βασική μονάδα της ύλης. Όλα είναι φτιαγμένα από άτομα. Όμως είναι τόσο δύσκολό να φανταστεί κανείς το μέγεθος ενός ατόμου. Αν πάρουμε ένα κόκκο άμμου από την αχανή έρημο που εικονίζεται στο διπλανό σχήμα, και το συγκρίνουμε με ένα άτομο θα το βρούμε περίπου 1 εκατομμύριο φορές πιο μικρό. Σκεφτείτε πόσα άτομα κρύβονται στην έρημο. Μετά, το άτομο είναι «κούφιο». Όλη του η μάζα είναι συγκεντρωμένη στον πυρήνα, που περιέχει πρωτόνια και νετρόνια. Έχει υπολογιστεί ότι ένα κουταλάκι του γλυκού με πρωτόνια και νετρόνια ζυγίζει 50 εκατομμύρια τόνους. Σε πείσμα όλων αυτών, το παράξενο απειροελάχιστο αυτό σωματίδιο μελετήθηκε όσο τίποτα άλλο στον κόσμο της χημείας. Το αποτέλεσμα είναι εκπληκτικό, δείτε την απεικόνιση των ατόμων στην επιφάνεια του κρυστάλλου του στοιχείου Γερμάνιο (Ge), μέσω μιας νέας τεχνικής (Scannig Tunneling Microscopy-STM) που αναπτύχθηκε τα τελευταία 15 χρόνια. Το κοινό βέβαια οπτικό μικροσκόπιο δεν έχει καμία ελπίδα να δει το άτομο, αφού το άτομο είναι εκατοντάδες φορές μικρότερο από το μήκος κύματος του ορατού φωτός. Επίσης να σημειωθεί ότι τα χρώματα που εμφανίζονται είναι ψεύτικα και έχουν προστεθεί από το κομπιούτερ του STM για την καλύτερη απεικόνιση των ατόμων.



1 ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

Εισαγωγή

Όταν κανείς πρωτομπαίνει σε μια χώρα που κάθε άλλο παρά «έρημη» είναι, το λιγότερο που έχει να κάνει είναι να μάθει τα βασικά της «γλώσσας» της, για να μπορεί να συνεννοείται και να καταλαβαίνει. Αυτός είναι και ο κεντρικός στόχος του πρώτου αυτού κεφαλαίου. Προσπαθεί να μεγαλώσει σε πλάτος και βάθος τις λίγες χημικές γνώσεις που έχει ο μαθητής στη φάση αυτή. Γνώσεις γύρω από τις έννοιες, τα σύμβολα, τους αριθμούς, τις εκφράσεις που χρησιμοποιούν οι χημικοί για τη μελέτη του αντικειμένου της επιστήμης τους, που είναι η ***ύλη***. Και όπως είναι φυσικό, όταν το αντικείμενο μελέτης είναι τόσο ποικιλόμορφο, το κυριότερο μέλημα είναι η *ταξινόμησή* του. Ταξινόμηση με βάση π.χ. *μακροσκοπικές ιδιότητες:* σε ***στερεά, υγρά και αέρια***. Ταξινόμηση με βάση τη *χημική ανάλυση*: σε ***στοιχεία*** (η «αλφαβήτα» της χημείας), ***χημικές ενώσεις και μίγματα***. Ταξινόμηση με βάση τις *δομικές μονάδες:* σε **ατομικές, *ιοντικές και μοριακές ουσίες***. Η ύλη λοιπόν, οι *ιδιότητές της* ***(φυσικές και χημικές ιδιότητες)*** και οι *μεταβολές της* ***(φυσικά και χημικά φαινόμενα)*** είναι από τους βασικούς στόχους του κεφαλαίου αυτού. Μέσα δε από αυτά προβάλλεται μια σπουδαία επιστημονική διαδικασία, όπως είναι η χρήση ενός *προτύπου - μοντέλου*, με τη βοήθεια του οποίου ερμηνεύονται διάφορες *παρατηρήσεις - πειράματα* και προβλέπονται επίσης γεγονότα. Στη φάση αυτή το *ατομικό - μοριακό* μοντέλο, χωρίς «βαθύτερες» αναφορές, απαντά σε πολλές απορίες. Τέλος, η «γλώσσα» της χημείας και οι γενικότεροι συμβολισμοί της σχεδιάστηκαν, εξελίχθηκαν και εξελίσσονται έτσι ώστε να κωδικοποιούν το μέγιστο δυνατό πλήθος πληροφοριών με έναν τρόπο εύληπτο αλλά και πειθαρχημένο.

1.1 Με τι ασχολείται η Χημεία Ποια η σημασία της Χημείας στη ζωή μας

Χημεία: η επιστήμη της ύλης και των μεταμορφώσεων της

➢ *Η χημεία μελετά τη δομή, τη χημική σύσταση καθώς και τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα (φυσικές ιδιότητες) των καθαρών ουσιών και των μιγμάτων. Μελετά τον τρόπο με τον οποίο οι χημικές ουσίες αντιδρούν μεταξύ τους, δηλαδή μετατρέπονται μέσω χημικών φαινομένων σε άλλες ουσίες με διαφορετική σύσταση και ιδιότητες.*

Όλοι επωφελούμαστε από τα επιτεύγματα της χημείας. Κανένας άλλος κλάδος της επιστήμης δεν έχει προσφέρει τόσα πολλά ούτε μπορεί να υποσχεθεί περισσότερα από τη χημεία. Μας χαρίζει όχι μόνο τα ανα-

γκαία αγαθά, αλλά και την πολυτέλεια του περιττού. Καθετί που υπάρχει στην ξηρά, στη θάλασσα και στον αέρα αποτελείται από χημικές ουσίες σε μια αδιάκοπη αλληλουχία αντιδράσεων. Το ανθρώπινο σώμα είναι ένα θαυματουργό εργαστήριο χημείας, που αποτελείται από τρισεκατομμύρια κύτταρα. Το καθένα απ' αυτά αποτελείται από εκατοντάδες χημικές ουσίες, που βρίσκονται σε συνεχή «χημική» εξάρτηση με το φυσικό περιβάλλον. Π.χ. ο άνθρωπος αναπνέει, δηλαδή «καίει» με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας τους υδατάνθρακες που παίρνει από τα φυτά, πίνει νερό, που αποτελεί το μεγαλύτερο ποσοστό του σώματός του, και ακόμα τρέφεται με στερεά τροφή, που δεν είναι τίποτα άλλο από χημικές ουσίες.

Τα τρόφιμα, τα φάρμακα, τα καλλυντικά, τα απορρυπαντικά, τα λιπάσματα, τα φυτοφάρμακα, τα τεχνολογικά προϊόντα, τα σπίτια, τα προϊόντα ψυχαγωγίας μας και τόσα άλλα, έχουν κατασκευασθεί και βελτιωθεί με τη βοήθεια της χημικής επιστήμης. Ας δούμε μερικά παραδείγματα:

Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει ριζικές αλλαγές στη ***διατροφή*** μας με τις σύγχρονες μεθόδους παρασκευής, συντήρησης και τυποποίησης των τροφίμων. Ακόμα μελετήθηκε η θρεπτική αξία των τροφών και ανακαλύφθηκαν οι βιταμίνες και η χρησιμότητά τους. Μεγάλη πρόοδος έγινε και στην ***ενδυμασία*** με την ανακάλυψη των συνθετικών υλικών όπως το νάιλον και το συνθετικό μετάξι. Ευρύτατα χρησιμοποιούνται τα τεχνητά δέρματα, οι τεχνητές βαφές και τα συνθετικά νήματα. Για τη ***θέρμανση*** και τη ***μεταφορά*** του ο άνθρωπος χρησιμοποιεί τα καύσιμα, στο παρελθόν τον άνθρακα, σήμερα το πετρέλαιο και τις βενζίνες. Αξιοποιεί δηλαδή την ενέργεια που ελευθερώνεται από μια χημική αντίδραση. Στην ***ιατρική*** νέα φάρμακα και νέες μέθοδοι εργαστηριακών αναλύσεων έχουν βελτιώσει σημαντικά την προφύλαξη, διάγνωση και θεραπεία των ασθενειών. Έτσι έχουν σωθεί αναρίθμητες ζωές. Όλα αυτά που αναφέραμε αποτελούν ένα πολύ μικρό μέρος των θετικών συνεπειών της χημικής επιστήμης.

Δυστυχώς όμως υπάρχουν και οι αρνητικές συνέπειες της ανάπτυξης της χημικής επιστήμης. Ως παράδειγμα φέρνουμε τα χημικά τοξικά αέρια, που χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλη κλίμακα στους τελευταίους παγκόσμιους πολέμους, και τα πυρηνικά οπλοστάσια, που αποτελούν σήμερα τον υπ' αριθμό ένα κίνδυνο για την καταστροφή του πλανήτη μας. Επίσης η μόλυνση του περιβάλλοντος από τα απόβλητα των βιομηχανιών και από τα καυσαέρια των αυτοκινήτων, καθώς και η υπερεκμετάλλευση των αποθεμάτων των φυσικών πόρων, θέτουν σε κίνδυνο την ισορροπία του οικοσυστήματος.

Όμως εδώ πρέπει να τονίσουμε ότι δεν υπάρχει «καλή» ή «κακή» χημεία. Ο άνθρωπος είναι εκείνος που χρησιμοποιεί θετικά ή αρνητικά τα επιτεύγματα της χημείας και τα καθιστά μοχλό της ανάπτυξης ή της οπισθοδρόμησης και της καταστροφής. Ο άνθρωπος είναι εκείνος που θα ανακαλύψει το φάρμακο για τον ιό του AIDS και ο άνθρωπος είναι εκείνος που θα δώσει την εντολή για το πάτημα ενός κουμπιού του πυρηνικού οπλοστασίου.

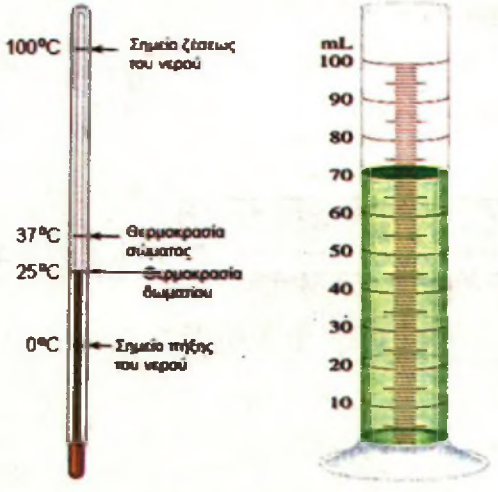
«Κορώνα των επιστημών, θαυματουργή χημεία, και μέσα από τα σκύβαλα στολίδια βγάζεις και πετράδια.»
ΚΩΣΤΗΣ ΠΑΛΑΜΑΣ

• Η χημεία θεωρείται «βασική επιστήμη», καθώς αποτελεί το υπόβαθρο για τη σπουδή άλλων θετικών επιστημών, όπως είναι η βιολογία, η ιατρική, η γεωλογία, η οικολογία.

1.2. Γνωρίσματα της ύλης (μάζα, όγκος, πυκνότητα) Μετρήσεις και μονάδες

Μετρήσεις - Μονάδες μέτρησης

Πολλά από τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα της ύλης είναι μετρήσιμα. Οι μετρήσεις αυτές γίνονται με τη βοήθεια ειδικών οργάνων. Έτσι για το μήκος έχουμε το μέτρο, για τη μάζα το ζυγό (ζυγαριά), για τον όγκο τον ογκομετρικό κύλινδρο, για τη θερμοκρασία το θερμόμετρο κλπ.
Η ποσοτική έκφραση ενός μεγέθους γίνεται με τη χρήση ενός αριθμού (αριθμητική τιμή) π.χ. 5 και μιας μονάδας μέτρησης π.χ. kg. Δηλαδή ένα υλικό σώμα έχει μάζα $m = 5$ kg.



ΣΧΗΜΑ 1.1 α. Θερμόμετρο β. Ογκομετρικός κύλινδρος, για τη μέτρηση της θερμοκρασίας και του όγκου ενός υγρού, αντίστοιχα.

Το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI)

Το ***μετρικό σύστημα*** καθορίστηκε στη Γαλλία στα τέλη του 18^{ου} αιώνα και χρησιμοποιήθηκε ως σύστημα μέτρησης στις περισσότερες χώρες του κόσμου. Το 1960 καθορίστηκε μετά από διεθνή συμφωνία, το ***Διεθνές Σύστημα Μονάδων: SI*** (από τα αρχικά των γαλλικών λέξεων Système International d' Unités). Το σύστημα SI περιέχει 7 θεμελιώδη μεγέθη με τις χαρακτηριστικές μονάδες τους (ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1). Όλα τα άλλα μεγέθη που χρησιμοποιούνται είναι παράγωγα των θεμελιωδών αυτών μεγεθών. Παρά την προσπάθεια των επιστημόνων για την πλήρη επικράτηση του Διεθνούς Συστήματος Μονάδων εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σήμερα και άλλες μονάδες, π.χ. η πίεση ενός αερίου εκφράζεται συνήθως σε atm και όχι σε pascal - Pa (N/m^2 , όπου $N = Kg\ .m/s^2$).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.1: Θεμελιώδη μεγέθη – Μονάδες

Μέγεθος	Σύμβολο μεγέθους	Ονομασία μονάδας	Σύμβολο μονάδας
μήκος	l	μέτρο	m
μάζα	m	χιλιόγραμμο	kg
χρόνος	t	Δευτερόλεπτο	s
θερμοκρασία	T	κέλβιν	K
ποσότητα ύλης	n	μολ	mol
ένταση ηλεκτρικού ρεύματος	I	αμπέρ	A
φωτεινή ένταση	I_u	καντέλα	cd

Πολλές φορές χρησιμοποιούμε πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια των θεμελιωδών μονάδων (εύχρηστες μονάδες).

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.2: Πολλαπλάσια – Υποπολλαπλάσια μονάδων

Πρόθεμα	Σύμβολο	Σχέση με τη βασική μονάδα	Παράδειγμα
μεγα (mega)	M	10^6	$1Mm = 10^6 m$
χιλιο (kilo)	k	10^3	$1 km = 10^3 m$
δεκατο (deci)	d	10^{-1}	$1dm = 10^{-1} m$
εκατοστο (centi)	c	10^{-2}	$1 cm = 10^{-2} m$
χιλιοστο (milli)	m	10^{-3}	$1 mm = 10^{-3} m$
μικρο (micro)	μ	10^{-6}	$1 \mu m = 10^{-6} m$
νανο (nano)	n	10^{-9}	$1 nm = 10^{-9} m$
πικο (pico)	p	10^{-12}	$1pm = 10^{-12} m$

Οι μετρήσεις που συχνότατα χρησιμοποιούμε στη χημεία περιλαμβάνουν τα μεγέθη μάζα, όγκος, πυκνότητα και θερμοκρασία.

- Μονάδες πίεσης:
  $1Pa = 1 N/m^2$ (SI)
  $1atm = 101325 Pa = 760 mmHg$

- Μονάδες θερμοκρασίας:
  °C, K (SI)
  $T (K) = \theta(°C) + 273$

- Άλλη μονάδα μήκους :
  $1 Å = 10^{-8} cm = 10^{-10} m$,
  χρησιμοποιείται συνήθως για την έκφραση της ατομικής ακτίνας, του μήκους του δεσμού κ.λ.π.

Παράδειγμα 1.1

Το όριο ταχύτητας σ' έναν αυτοκινητόδρομο είναι 110 km/h. Να εκφράσετε την ταχύτητα αυτή σε μονάδες SI.

ΛΥΣΗ

Γνωρίζουμε ότι 1 km = 10^3 m και 1 h = 3600 s.
Άρα το όριο της ταχύτητας είναι 110 km/h = $110 \cdot 10^3$ m / 3600 s = = 30,56 m s^{-1}.

Παράδειγμα 1.2

Η διάμετρος του ατόμου του υδρογόνου (H) είναι 0,212 nm. Να υπολογίσετε τη διάμετρό του ατόμου σε m και σε Å.

ΛΥΣΗ

Αφού το 1nm = 10^{-9} m, η διάμετρός θα είναι $0{,}212 \cdot 10^{-9}$m, και καθώς 1Å = 10^{-10} m, δηλαδή 1 m = 10^{10} Å, θα έχουμε $0{,}212 \cdot 10^{-9}$ m = $0{,}212 \cdot 10^{-9} \cdot 10^{10}$ Å, δηλαδή $0{,}212 \cdot 10$ Å = 2,12 Å.

Γνωρίσματα της ύλης

Μάζα και Βάρος

Τα μεγέθη μάζα και βάρος είναι διαφορετικά. Ένα σώμα έχει την ίδια μάζα σ' όλα τα μέρη της γης, έχει όμως διαφορετικό βάρος από τόπο σε τόπο. Το βάρος είναι συνάρτηση του γεωγραφικού πλάτους και της απόστασης του σώματος από την επιφάνεια της θάλασσας.

ΣΧΗΜΑ 1.2 Το βάρος του αστροναύτη στη σελήνη είναι το 1/ 6 αυτού που έχει στη γη, λόγω διαφοράς ανάμεσα στο πεδίο βαρύτητας (*g*) της σελήνης και γης. Αντίθετα, ο αστροναύτης έχει την ίδια μάζα στη γη και στη σελήνη.

• Βάρος είναι η ελκτική δύναμη που ασκείται στο σώμα από το πεδίο βαρύτητας της γης.

Μάζα (*m*)

➢ *Μάζα είναι το μέτρο της αντίστασης που παρουσιάζει ένα σώμα ως προς τη μεταβολή της ταχύτητάς του και εκφράζει το ποσό της ύλης που περιέχεται σε μία ουσία.*

Η μάζα είναι κυρίαρχο μέγεθος στη χημεία και η μέτρησή της γίνεται με τη βοήθεια ζυγών. Παρ' όλο που η μονάδα μέτρησης στο SI είναι το χιλιόγραμμο (Kg), πολύ συχνά χρησιμοποιούνται υποπολλαπλάσιά της όπως το γραμμάριο (g) και χιλιοστόγραμμο (mg).

ΣΧΗΜΑ 1.3 Εργαστηριακός ζυγός ενός δίσκου με βερνιέρο και σύγχρονοι ηλεκτρονικοί ζυγοί ακριβείας για τη μέτρηση μάζας.

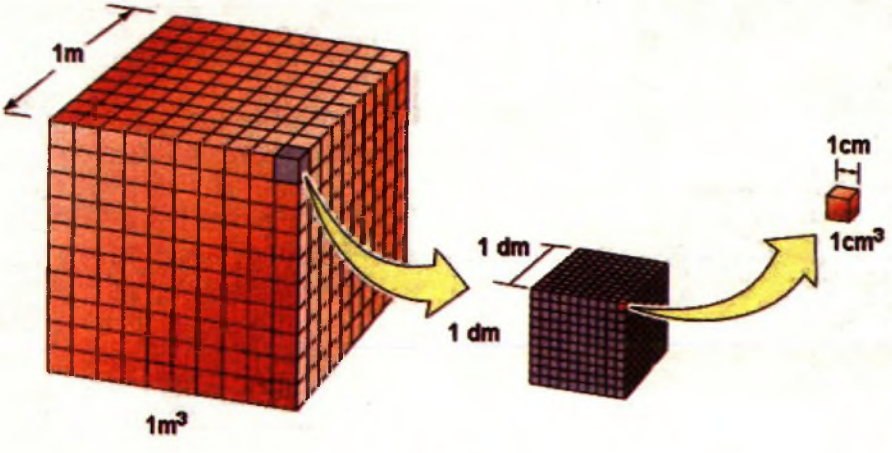
• 1 Kg = 10^3 g = 1000 g
1g = 10^3 mg = 1000 mg

Το δυναμόμετρο είναι όργανο μέτρησης βάρους.

Όγκος (*V*)

➢ *Όγκος είναι ο χώρος που καταλαμβάνει ένα σώμα.*

Στο σύστημα SI θεμελιώδες μέγεθος είναι το μήκος, με μονάδα το μέτρο (m), και παράγωγο αυτού μέγεθος είναι ο όγκος, εκφρασμένος σε κυβικά μέτρα (m^3). Στο χημικό εργαστήριο συνήθως χρησιμοποιούνται μικρότερες μονάδες, όπως είναι το κυβικό δεκατόμετρο (dm^3), που είναι περίπου ίσο με το λίτρο (L), και το κυβικό εκατοστόμετρο (cm^3), που είναι περίπου ίσο με το χιλιοστόλιτρο (mL).

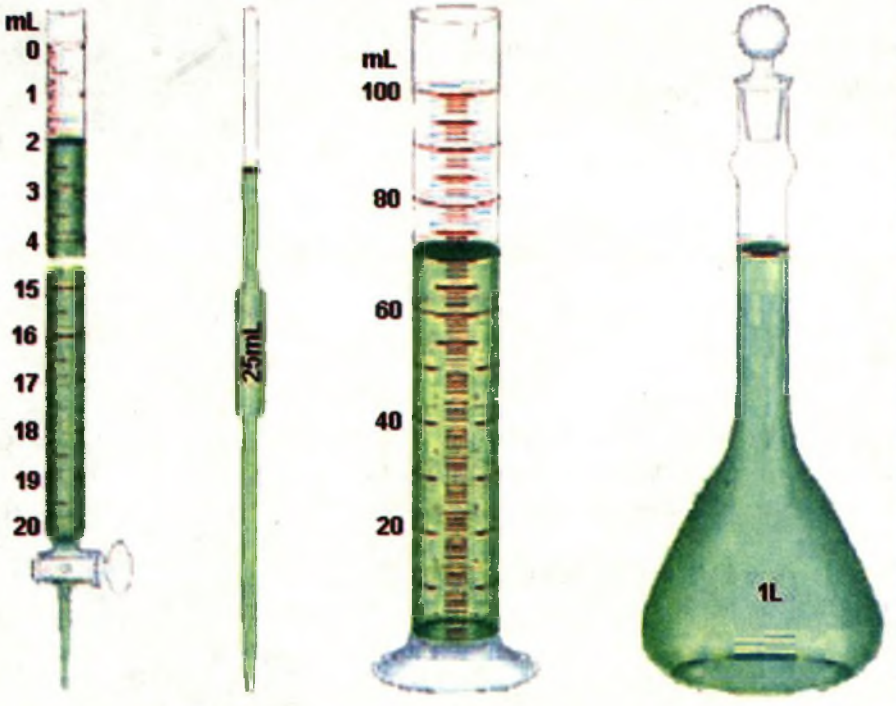


ΣΧΗΜΑ 1.4 Ο ορισμός των μονάδων όγκου m^3, dm^3, cm^3 και η μεταξύ τους σχέση.

• 1 L = 1000 mL
1 cm^3 = 1 mL
1 L = 1 dm^3

• Το λίτρο (L) ορίζεται ως ο όγκος που καταλαμβάνει 1 kg νερού στους 4 °C.
Λόγω της μικρής τους διαφοράς το mL και cm^3 μπορούν να χρησιμοποιηθούν αδιάκριτα. Για εκπαιδευτικούς λόγους πολλές φορές προτείνεται το cm^3 να χρησιμοποιείται για τη μέτρηση των αερίων όγκων και το mL για τους όγκους των υγρών. Με την ίδια λογική μπορούμε να διακρίνουμε το L από το dm^3.

Η μέτρηση του όγκου στο χημικό εργαστήριο γίνεται με τη βοήθεια ογκομετρικών οργάνων όπως είναι η προχοΐδα, το σιφώνιο (πιπέτα), ο ογκομετρικός κύλινδρος, η ογκομετρική φιάλη κ.λ.π.



ΣΧΗΜΑ 1.5 Από τα πιο συνηθισμένα όργανα για τη μέτρηση του όγκου ενός υγρού είναι: 1.η προχοΐδα : 2. το σιφώνιο εκροής 3.ο ογκομετρικός κύλινδρος και 4. η ογκομετρική φιάλη

Παράδειγμα 1.3

Το «ύψος» της βροχής μιας μέρας ήταν σ' ένα τόπο 10 mm. Να υπολογίσετε τον όγκο του νερού που κάλυψε επιφάνεια 1 km^2.

ΛΥΣΗ

Ο όγκος του νερού ισούται με το γινόμενο της επιφάνειας επί το ύψος. Δηλαδή $V = s\,h$.

$s = 1\ km^2 = 1 \cdot 10^6\ m^2 = 10^6\ m^2$

$h = 10\ mm = 10 \cdot 10^{-3}\ m = 10^{-2}\ m$

Άρα $V = s\,h = 10^6\ m^2 \cdot 10^{-2}\ m$ ή $V = 10^4\ m^3 = 10000\ m^3$

Πυκνότητα (ρ)

➢ *Η πυκνότητα ορίζεται ως το πηλίκο της μάζας προς τον αντίστοιχο όγκο σε σταθερές συνθήκες πίεσης (όταν πρόκειται για αέριο) και θερμοκρασίας.*

$$\rho = m / V$$

Η μονάδα της πυκνότητας (παράγωγο μέγεθος) στο SI είναι το Kg /m^3.

• Η πυκνότητα πολλές φορές στην Ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία συμβολίζεται με *d*. Στο παρόν βιβλίο υιοθετείται η πρόταση της IUPAC και συμβολίζεται με ρ.

Εύχρηστες όμως μονάδες είναι το g/mL (ή g/cm^3). Ειδικά στα αέρια, όπου έχουμε μικρές πυκνότητες, συνήθως χρησιμοποιούμε το g/L.

Παράδειγμα 1.4

Το αργίλιο (Al) είναι ένα πολύ εύχρηστο μέταλλο. Ένας κύβος από αργίλιο έχει ακμή 2 cm. Με τη βοήθεια του ζυγού η μάζα του βρέθηκε 21,6 g. Ποια είναι η πυκνότητα του Al;

ΛΥΣΗ

$V = (2\ cm)^3$ ή $V = 8\ cm^3$

$\rho = m / V = 21{,}6\ g / 8\ cm^3$ ή $\rho = 2{,}7\ g/cm^3$.

Παράδειγμα 1.5

Η πυκνότητα του νερού στη θερμοκρασία δωματίου θεωρείται περίπου ίση με 1 g /mL. Να εκφράσετε την πυκνότητα αυτή σε kg/m^3 και σε g/L.

ΛΥΣΗ

Είναι $\rho = 1\ g/mL = 10^{-3}\ kg/10^{-6} m^3 = 10^3\ kg/m^3 = 1000\ kg/m^3$.

Δηλαδή $1 m^3$ νερού ζυγίζει 1 (μετρικό) τόνο.

Επίσης έχουμε $\rho = 1\ g/mL = 1\ g/10^{-3} L = 1000\ g/L$.

Δηλαδή 1L νερού ζυγίζει 1 kg.

1.3 Δομικά σωματίδια της ύλης - Δομή ατόμου - Ατομικός αριθμός - Μαζικός αριθμός - Ισότοπα

Δομικά σωματίδια της ύλης

Κάθε σώμα συγκροτείται από απείρως μικρά σωματίδια (σχεδόν αμελητέα), που ονομάζονται δομικά σωματίδια ή δομικές μονάδες της ύλης. Τα σωματίδια αυτά είναι: τα άτομα, τα μόρια και τα ιόντα.

Άτομα -Μόρια - Ιόντα

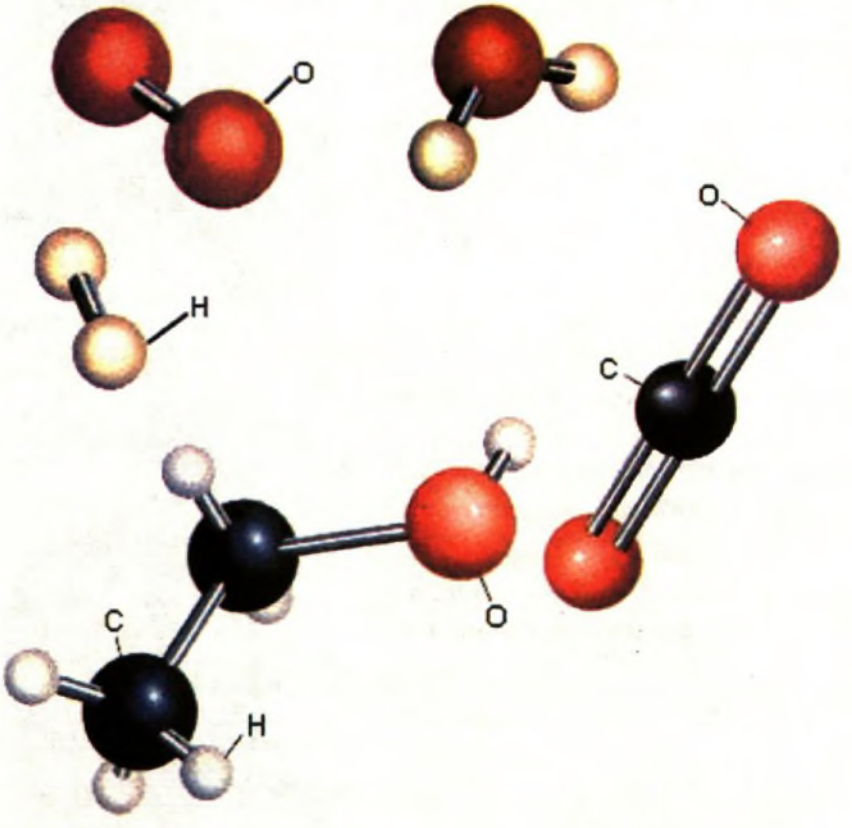
Παίρνουμε μία καθορισμένη ουσία, για παράδειγμα τη ζάχαρη, και τεμαχίζουμε μια ποσότητά της σε όσο το δυνατό μικρότερα κομμάτια. Αυτό μπορούμε να το πετύχουμε με διάλυση ποσότητας ζάχαρης σε νερό. Η ζάχαρη τότε χωρίζεται σε τόσο μικρά κομμάτια, που δεν μπορούμε πια να τα διακρίνουμε ούτε με μικροσκόπιο. Παρ' όλα αυτά η ζάχαρη εξακολουθεί να κρατά τις ιδιότητές της, π.χ. το διάλυμα είναι γλυκό. Ο διαχωρισμός βέβαια αυτός της ύλης δεν μπορεί να συνεχίζεται επ' άπειρον. Υπάρχει ένα πάρα πολύ μικρό κομμάτι ζάχαρης, πολύ μικρών διαστάσεων και μάζας, το οποίο δεν μπορεί να κοπεί σε μικρότερα κομμάτια, χωρίς να χάσει τις ιδιότητες του. Αυτό είναι το μόριο.

• Ένα μόριο ζάχαρης ζυγίζει $5{,}7 \cdot 10^{-22}$ g.

➢ *Μόριο είναι το μικρότερο κομμάτι μιας καθορισμένης ουσίας (ένωσης ή στοιχείου) που μπορεί να υπάρξει ελεύθερο, διατηρώντας τις ιδιότητες της ύλης από την οποία προέρχεται.*

Τα μόρια στην περίπτωση των χημικών στοιχείων συγκροτούνται από ένα είδος ατόμων, π.χ. O_2, N_2, O_3, P_4, ενώ στην περίπτωση των χημικών ενώσεων από δύο ή περισσότερα είδη ατόμων, π.χ. H_2O, CH_4, $C_{12}H_{22}O_{11}$.

➢ *Τα μόρια δηλαδή είναι ομάδες ατόμων με καθορισμένη γεωμετρική διάταξη στο χώρο,* όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



ΣΧΗΜΑ 1.6 Μοριακά μοντέλα των στοιχείων: υδρογόνου (H_2), οξυγόνου (O_2), και των ενώσεων: νερού (H_2O), διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) και οινοπνεύματος (C_2H_5OH).

• **Τα ατομικά και μοριακά μοντέλα** μάς βοηθούν να κατανοήσουμε καλύτερα την έννοια των ατόμων και μορίων. Τα μοντέλα τύπου σφαίρας- ράβδου, που απεικονίζονται στο διπλανό σχήμα, είναι από τα πλέον διαδεδομένα. Τα άτομα συμβολίζονται με σφαίρες (λόγω της σφαιρικής συμμετρίας που παρουσιάζουν τα άτομα), με διάμετρο ανάλογη του μεγέθους του ατόμου. Η ράβδος ανάμεσα στα άτομα συμβολίζει το χημικό δεσμό που αναπτύσσεται ανάμεσα στα άτομα.
Τα χρώματα στις σφαίρες κωδικοποιούνται ως εξής:
Η (λευκή σφαίρα)
C (μαύρη σφαίρα)
O (κόκκινη σφαίρα)
και φυσικά δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, αφού τα άτομα είναι άχρωμα.

Η έννοια του ατόμου, όπως θα δούμε αμέσως παρακάτω, αποτελεί τη βάση της ατομικής θεωρίας.

➢ *Άτομο είναι το μικρότερο σωματίδιο ενός στοιχείου, που μπορεί να πάρει μέρος στο σχηματισμό χημικών ενώσεων.*

• Το άτομο είναι ένα απειροελάχιστο σωματίδιο, με μέγεθος που ξεπερνά τα όρια της φαντασίας μας. Ωστόσο, νέες τεχνικές στην μικροσκοπία επιτρέπουν την παρατήρηση του και τον προσδιορισμό του μεγέθους του.

Τα μόρια των χημικών στοιχείων δεν αποτελούνται πάντοτε από τον ίδιο αριθμό ατόμων. Έτσι υπάρχουν στοιχεία ***μονοατομικά***, όπως είναι τα ευγενή αέρια, π.χ. ήλιο (He), στοιχεία ***διατομικά,*** όπως είναι το οξυγόνο (O_2), το υδρογόνο (H_2), ή ακόμα και ***τριατομικά,*** όπως είναι το όζον (O_3).

➢ *Ο αριθμός που δείχνει από πόσα άτομα συγκροτείται το μόριο ενός στοιχείου ονομάζεται ατομικότητα στοιχείου.*

Η ατομικότητα του στοιχείου αναγράφεται ως δείκτης στο σύμβολο του στοιχείου. Παρακάτω δίνεται πίνακας με τις ατομικότητες των σημαντι-

κότερων στοιχείων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.3: Ατομικότητες στοιχείων
ΜΟΝΟΑΤΟΜΙΚΑ: Ευγενή αέρια: He, Ne, Ar, Kr, Xe, Rn, και τα μέταλλα σε κατάσταση ατμών. Επίσης, στις χημικές εξισώσεις γράφονται σαν μονοατομικά τα στοιχεία C, S και P.
ΔΙΑΤΟΜΙΚΑ: H_2, O_2, N_2, F_2, Cl_2, Br_2, I_2.
ΤΡΙΑΤΟΜΙΚΑ: O_3.
ΤΕΤΡΑΤΟΜΙΚΑ: P_4, As_4, Sb_4.

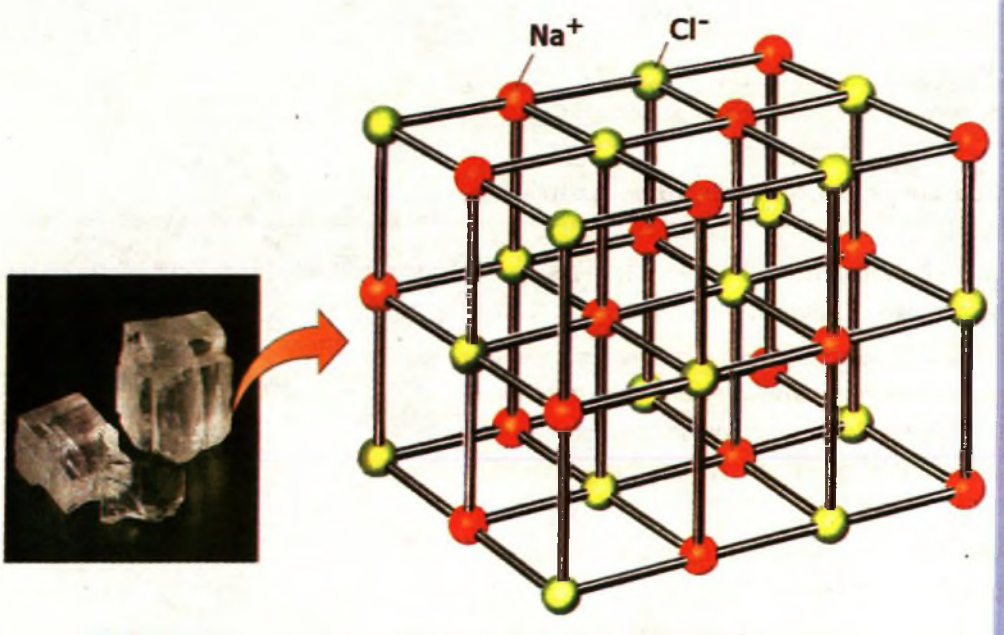
- Το θείο (S) έχει ατομικότητα 2 ή 4 ή 6 ή 8.
- Στις χημικές εξισώσεις όλα τα στοιχεία εκτός από τα διατομικά γράφονται σαν μονοατομικά.

Ιόντα

Τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα, αφού όπως θα δούμε πιο κάτω έχουν ίδιο αριθμό πρωτονίων και ηλεκτρονίων. Τα άτομα όμως μπορούν να μετατραπούν σε ιόντα με αποβολή ή με πρόσληψη ενός ή περισσοτέρων ηλεκτρονίων.

➢ *Ιόντα είναι είτε φορτισμένα άτομα (μονοατομικά ιόντα), π.χ.* Na^+, Ca^{2+}, S^{2-}, Cl^- *είτε φορτισμένα συγκροτήματα ατόμων (πολυατομικά ιόντα), π.χ.* NH_4^+, CO_3^{2-}, $H_2PO_4^-$.

Τα ιόντα που έχουν θετικό ηλεκτρικό φορτίο ονομάζονται ***κατιόντα***, π.χ. Na^+, και εκείνα που έχουν αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο ονομάζονται ***ανιόντα***, π.χ. Cl^-. Τα ιόντα αποτελούν τα δομικά σωματίδια των ιοντικών ή ετεροπολικών ενώσεων, που θα εξετάσουμε παρακάτω.



ΣΧΗΜΑ 1.7 Ο κρύσταλλος του NaCl συγκροτείται από ιόντα Na^+ και Cl^-.

Δομή του ατόμου

Τον 5° π.Χ. αιώνα οι Έλληνες φιλόσοφοι Δημόκριτος και Λεύκιππος, διατύπωσαν την άποψη ότι η ύλη αποτελείται από πολύ μικρά σωματίδια που δεν μπορούν να διαιρεθούν σε άλλα απλούστερα. Τα σωματίδια αυτά ονόμασαν ατόμους ***(άτομα).*** Να σημειωθεί ότι η άποψη αυτή ήταν αντίθετη με τη θεώρηση του Πλάτωνα και του Αριστοτέλη για τη συνεχή διαίρεση της ύλης.

Ωστόσο, τα άτομα του Δημόκριτου ξεχάστηκαν για τα επόμενα 2000 χρόνια, μέχρις ότου στις αρχές του 19ου αιώνα ο Άγγλος χημικός Dalton διατυπώσει την ***ατομική θεωρία***. Σύμφωνα με την ατομική θεωρία, που αποτελεί θεμέλιο λίθο στην ανάπτυξη της χημείας, οι δομικές μονάδες της ύλης είναι τα άτομα και τα μόρια (συγκροτήματα ατόμων). Βέβαια ο Dalton δεν μπόρεσε να ερμηνεύσει τη συνένωση ατόμων ίδιου στοιχείου προς σχηματισμό μορίων. Αυτό ξεκαθαρίστηκε αργότερα (1811) από τον Ιταλό Avogadro. Επίσης, τα άτομα του Dalton ήταν συμπαγή και αδιαίρετα, άποψη που ήρθε σε αντίθεση με την ανακάλυψη των πρωτονίων, ηλεκτρονίων και νετρονίων (υποατομικά σωματίδια).

ΣΧΗΜΑ 1.8 Ο Δημόκριτος ήταν ο πρώτος που εισήγαγε την έννοια της ασυνέχειας της ύλης και του ατόμου.

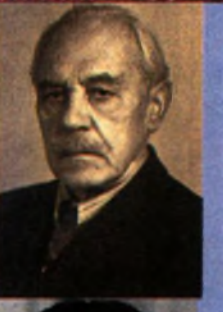
Με την ανακάλυψη των υποατομικών σωματιδίων άνοιξε ο δρόμος για τη διατύπωση νέων θεωριών. Οι πιο χαρακτηριστικές απ' αυτές, με επιγραμματική παρουσίαση της προσφοράς τους στη διαμόρφωση της γνώσης για τη συγκρότηση του ατόμου, είναι :

1. Rutherford (1911): η μάζα του ατόμου είναι συγκεντρωμένη σ' ένα πολύ μικρό χώρο που λέγεται ***πυρήνας***.

2. Bohr (1913): τα ηλεκτρόνια κινούνται σε καθορισμένες κυκλικές τροχιές γύρω από τον πυρήνα, που ονομάζονται στιβάδες.

3. Sommerfield (1916): τα ηλεκτρόνια διαγράφουν εκτός από κυκλικές τροχιές (στιβάδες), και ελλειπτικές (υποστιβάδες).

4. Σύγχρονες αντιλήψεις για τη δομή των ατόμων: το ηλεκτρόνιο συμπεριφέρεται ως κύμα, συνεπώς δεν μπορούμε με ακρίβεια να γνωρίζουμε την τροχιά που διαγράφει. Εισαγωγή της έννοιας του ατομικού τροχιακού, του χώρου γύρω από τον πυρήνα όπου έχει μεγάλη πιθανότητα να βρεθεί ένα ηλεκτρόνιο.



Μερικές από τις πιο λαμπρές προσωπικότητες που διαμόρφωσαν τη γνώση γύρω από το άτομο.
1. **Dalton** (1808) θεμελίωσε την ατομική θεωρία.
2. **Rutherford** (1911) ανακάλυψε τον πυρήνα.
3. **Bohr** (1913) εισήγαγε την έννοια της ηλεκτρονιακής στιβάδας.
4. **Sommerfield** (1916) εισήγαγε την έννοια της υποστιβάδας.
5. **Schrödinger** (1926) Ανέπτυξε τη θεωρία της κβαντομηχανικής, που αποτελεί τη βάση των σύγχρονων αντιλήψεων για το άτομο.

Σε απλές γραμμές έχει διαμορφωθεί η εξής εικόνα για το άτομο. Η μάζα του ατόμου είναι συγκεντρωμένη σ' ένα χώρο που ονομάζεται πυρήνας. Ο πυρήνας συγκροτείται από πρωτόνια (p), που φέρουν θετικό ηλεκτρικό φορτίο, και από ουδέτερα νετρόνια (n). Γύρω από τον πυρήνα και σε σχετικά μεγάλες αποστάσεις απ' αυτόν, κινούνται τα ηλεκτρόνια (e), που φέρουν αρνητικό ηλεκτρικό φορτίο και ευθύνονται για τη χημική συμπεριφορά των ατόμων. Τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα, καθώς τα πρωτόνια και τα ηλεκτρόνια έχουν αντίθετο στοιχειώδες ηλεκτρικό φορτίο και ο αριθμός των πρωτονίων είναι ίσος με τον αριθμό των ηλεκτρονίων.

• άτομο (atom): από το α-τέμνω

• Ο πυρήνας καθορίζει τη μάζα του ατόμου, δηλαδή m ατόμου = m πρωτονίων + m νετρονίων

• Ο χώρος που περιβάλλει τον πυρήνα, όπου διευθετούνται τα ηλεκτρόνια, καθορίζει το μέγεθος του ατόμου.

• Τα ηλεκτρόνια καθορίζουν τη χημική συμπεριφορά των ατόμων, καθώς οι αλληλοεπιδράσεις μεταξύ των ηλεκτρονίων διαφόρων ατόμων οδηγούν στη χημική αντίδραση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.4: Μάζα και φορτίο υποατομικών σωματιδίων

Σωματίδιο (σύμβολο)	Θέση	Μάζα /g	Σχετική μάζα	Φορτίο /C	Σχετικό φορτίο
Ηλεκτρόνιο (e)	Γύρω από τον πυρήνα	$9{,}11 \cdot 10^{-28}$	1/1830	$-1{,}60 \cdot 10^{-19}$	-1
Πρωτόνιο (p)	Πυρήνας	$1{,}67 \cdot 10^{-24}$	1	$+1{,}60 \cdot 10^{-19}$	+1
νετρόνιο (n)	Πυρήνας	$1{,}67 \cdot 10^{-24}$	1	0	0

ΣΧΗΜΑ 1.9 Τα πρωτόνια και τα νετρόνια είναι συγκεντρωμένα σε ένα εξαιρετικά μικρό χώρο, τον πυρήνα. Τα ηλεκτρόνια είναι υπό μορφή νέφους γύρω από τον πυρήνα.

Αν είστε στη θέση του πυρήνα, τότε τα ηλεκτρόνια είναι σκορπισμένα τουλάχιστον 61 km μακριά σας.

Ατομικός αριθμός- Μαζικός αριθμός - Ισότοπα.

➢ *Ατομικός αριθμός (Z) είναι ο αριθμός των πρωτονίων στον πυρήνα του ατόμου ενός στοιχείου.* Ο αριθμός αυτός καθορίζει το είδος του ατόμου, αποτελεί δηλαδή ένα είδος ταυτότητας για αυτό.

Η τιμή του Z δείχνει επίσης τον αριθμό των ηλεκτρονίων. Μην ξεχνάτε ότι στο άτομο ο αριθμός ηλεκτρονίων ισούται με τον αριθμό των πρωτονίων, ώστε το άτομο να είναι ηλεκτρικά ουδέτερο. Για παράδειγμα, όταν λέμε ότι ο ατομικός αριθμός του νατρίου (Na) είναι 11, εννοούμε ότι το άτομο του Na έχει 11p στον πυρήνα του, αλλά και 11e γύρω από τον πυρήνα. Επειδή όμως ο ατομικός αριθμός είναι ο καθοριστικός αριθμός για το είδος του κάθε στοιχείου, μπορούμε να πούμε ότι κάθε άτομο στη φύση που έχει στον πυρήνα του 11p, είναι άτομο νατρίου.

➢ *Μαζικός αριθμός (A) είναι ο αριθμός των πρωτονίων και των νετρονίων στον πυρήνα ενός ατόμου.*

Για παράδειγμα, όταν λέμε ότι ο μαζικός αριθμός του φθορίου (F) είναι 19 και ο ατομικός του αριθμός είναι 9, εννοούμε ότι στον πυρήνα του ατόμου του υπάρχουν 9 πρωτόνια και 19 νουκλεόνια (πρωτόνια και νετρόνια μαζί). Άρα στον πυρήνα του υπάρχουν 10 νετρόνια.

Αν συμβολίσουμε με N τον αριθμό των νετρονίων του ατόμου, τότε προφανώς ισχύει: $A = Z + N$

Το άτομο ενός στοιχείου X συμβολίζεται: ${}^{A}_{Z}X$

➢ *Ισότοπα ονομάζονται τα άτομα που έχουν τον ίδιο ατομικό αλλά διαφορετικό μαζικό αριθμό.*

Τα ισότοπα είναι, με άλλα λόγια, άτομα του ίδιου είδους (στοιχείου) με διαφορετική μάζα. Για παράδειγμα, ο άνθρακας (C) έχει τέσσερα ισότοπα: ${}^{11}_{6}C$ ${}^{12}_{6}C$ ${}^{13}_{6}C$ ${}^{14}_{6}C$

Απ' αυτά το πλέον διαδεδομένο στη φύση είναι ο ${}^{12}_{6}C$ που απαντά σε ποσοστό 99%.

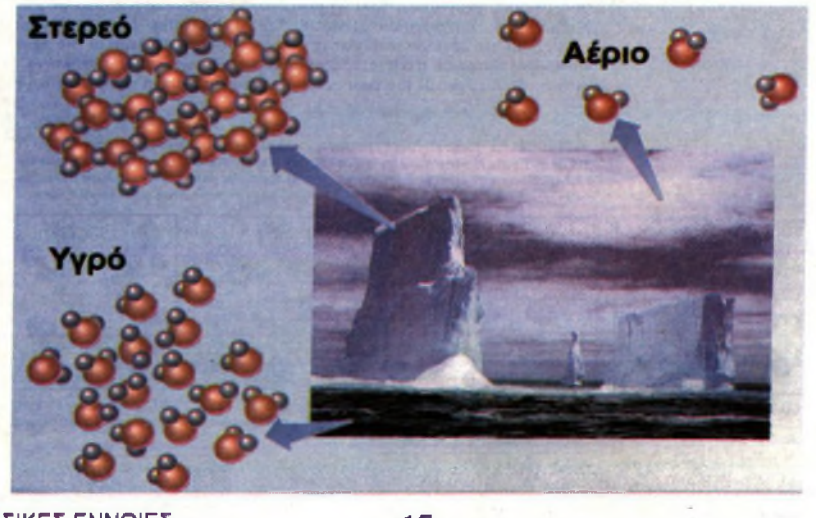
• Νουκλεόνια είναι τα σωματίδια του πυρήνα, δηλαδή πρωτόνια και νετρόνια. Από το nuclear που σημαίνει πυρήνας.

1.4 Καταστάσεις της ύλης - Ιδιότητες της ύλης - Φυσικά και Χημικά φαινόμενα

Καταστάσεις της ύλης

Η ύλη, ανάλογα με τις συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, βρίσκεται σε τρεις φυσικές καταστάσεις: τη στερεά *(s)*, της υγρή *(l)* και την αέρια *(g)*.

• στερεό: *(s)* solid
• υγρό: *(l)* liquid
• αέριο: *(g)* gas



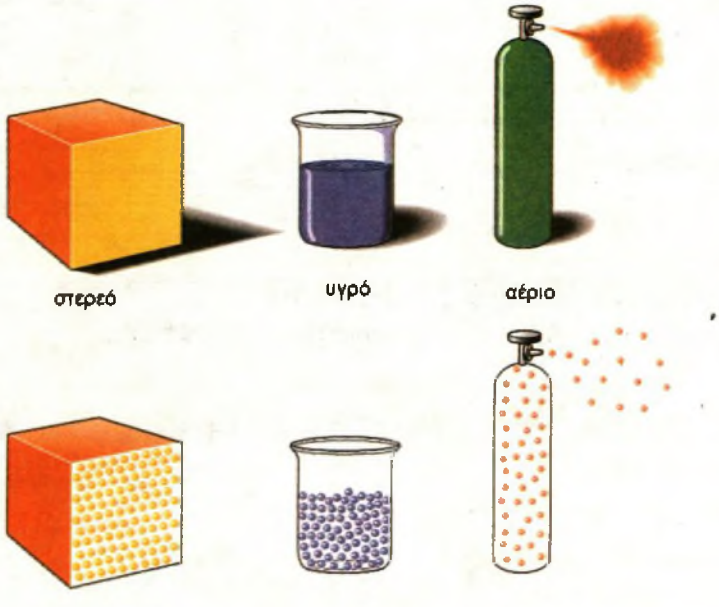
ΣΧΗΜΑ 1.10 Το νερό απαντά συχνά και στις τρεις φυσικές καταστάσεις του: αέρια (υδρατμοί π.χ. στα σύννεφα) υγρή (π.χ. θάλασσα) και στερεή (π.χ. πάγος).

Στη ***στερεά κατάσταση*** τα δομικά σωματίδια (π.χ. μόρια) βρίσκονται σε μικρές αποστάσεις μεταξύ τους, είναι σχεδόν ακίνητα, οι δε ελκτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους είναι ισχυρές. Έτσι το σχήμα και ο όγκος τους πρακτικά δεν αλλάζει, εφ' όσον οι συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας δε μεταβάλλονται.

Στην ***υγρή κατάσταση*** τα δομικά σωματίδια βρίσκονται, συγκριτικά με τη στερεά κατάσταση, σε μεγαλύτερες αποστάσεις. Επίσης οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των σωματιδίων είναι ασθενέστερες, με αποτέλεσμα να υπάρχει μεγαλύτερη κινητικότητα. Έτσι τα υγρά έχουν καθορισμένο όγκο, δεν έχουν όμως καθορισμένο σχήμα και παίρνουν κάθε φορά το σχήμα του δοχείου στο οποίο τοποθετούνται.

Τέλος, στην ***αέρια κατάσταση***, τα δομικά σωματίδια κινούνται άτακτα προς όλες τις διευθύνσεις, καθώς οι δυνάμεις συνοχής είναι αμελητέες. Έτσι στα αέρια δεν έχουμε ούτε καθορισμένο σχήμα, ούτε όγκο. Μάλιστα εδώ προκύπτουν σημαντικές μεταβολές των όγκων, όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία ή και η πίεση. Τη σχέση των μεταβολών αυτών μεταξύ του όγκου του αερίου και της θερμοκρασίας ή της πίεσης θα μελετήσουμε αναλυτικά στο 4° κεφάλαιο.

Όπως αναφέραμε στην αρχή αυτής της ενότητας, οι διάφορες ουσίες μπορούν να μεταπηδούν από τη μία φυσική κατάσταση στην άλλη. Αυτό μπορεί να γίνει με μεταβολή των συνθηκών πίεσης και θερμοκρασίας. Έτσι π.χ. με αύξηση της θερμοκρασίας περνάμε από το στερεό στο υγρό (τήξη) και από το υγρό στο αέριο (εξάτμιση). Αντίστροφα, με μείωση της θερμοκρασίας έχουμε την αντίθετη πορεία (πήξη και υγροποίηση, αντίστοιχα).



ΣΧΗΜΑ 1.11 Απεικόνιση των τριών καταστάσεων της ύλης.

Ιδιότητες της ύλης

Κάθε υλικό έχει μία σειρά από χαρακτηριστικές ιδιότητες. Για παράδειγμα στον πίνακα που ακολουθεί φαίνονται μερικές από τις χαρακτηριστι-

• **Πλάσμα** θεωρείται μια ειδική κατάσταση της ύλης που συγκροτείται από φορτισμένα (ηλεκτρόνια, ιόντα) και ουδέτερα σωματίδια (άτομα, μόρια). Το πλάσμα είναι η πιο διαδεδομένη κατάσταση της ύλης που απαντά στο σύμπαν.

• Εξάχνωση είναι η μετάβαση απευθείας από τη στερεά στην αέρια φάση. Αυτό συμβαίνει π.χ. στο ιώδιο και στη ναφθαλίνη.

• Τα αέρια δεν έχουν ούτε καθορισμένο σχήμα ούτε όγκο.

• Τα υγρά έχουν καθορισμένο όγκο αλλά όχι σχήμα.

• Τα στερεά έχουν καθορισμένο σχήμα και όγκο.

κές ιδιότητες του νερού, του υδρογόνου και του οξυγόνου, που μας επιτρέπουν να διακρίνουμε το ένα από το άλλο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1.5: Χαρακτηριστικές ιδιότητες νερού, υδρογόνου, οξυγόνου

Ουσία	Νερό	Υδρογόνο	Οξυγόνο
φυσική κατάσταση	*(l)*	*(g)*	*(g)*
σημείο βρασμού/ °C	100	-253	-183
πυκνότητα/ g L^{-1}	1 000	0,084	1,33
καύσιμο	όχι	ναι	όχι

Οι ιδιότητες της ύλης διακρίνονται σε δύο κατηγορίες, τις φυσικές και τις χημικές.

➢ *Οι φυσικές ιδιότητες καθορίζονται από την ουσία αυτή καθ' αυτή, χωρίς να γίνεται αναφορά σε άλλες ουσίες.*

Π.χ., το χρώμα, το σημείο τήξης, το σημείο βρασμού, η πυκνότητα αποτελούν φυσικές ιδιότητες μιας ουσίας. Έτσι, μπορούμε να μετρήσουμε το σημείο τήξης του πάγου, θερμαίνοντας ένα κομμάτι πάγου και μετρώντας τη θερμοκρασία στην οποία ο πάγος μετατρέπεται σε υγρό νερό. Να παρατηρήσουμε ότι νερό και πάγος διαφέρουν μόνο ως προς τη μορφή της ύλης και όχι ως προς τη χημική τους σύσταση. ***Ο προσδιορισμός δηλαδή της φυσικής ιδιότητας μιας ουσίας δε μεταβάλλει τη χημική της σύσταση.***

➢ *Οι χημικές ιδιότητες καθορίζουν τη συμπεριφορά μιας ουσίας σε σχέση με μίαν άλλη.*

Όταν για παράδειγμα λέμε ότι το υδρογόνο καίγεται με το οξυγόνο προς σχηματισμό νερού, περιγράφουμε μία χημική ιδιότητα του υδρογόνου. Να παρατηρήσουμε ότι το υδρογόνο και το νερό δεν έχουν την ίδια χημική σύσταση. Δηλαδή, ***ο προσδιορισμός μιας χημικής ιδιότητας προκαλεί μεταβολή στη χημική σύσταση της ουσίας.***

• Φυσικές σταθερές είναι το σημείο βρασμού και το σημείο τήξεως (ή πήξεως) μιας ουσίας. Οι σταθερές αυτές μπορούν να χρησιμεύσουν για την ταυτοποίηση (διάκριση) μιας ουσίας και την εξακρίβωση αν η ουσία είναι σε καθαρή μορφή ή όχι.

Φυσικά και χημικά φαινόμενα

Κατ' αναλογία με τις ιδιότητες των ουσιών, τα φαινόμενα (οι μεταβολές δηλαδή της ύλης) διακρίνονται σε φυσικά και χημικά φαινόμενα.

➢ *Στα φυσικά φαινόμενα αλλάζουν ορισμένες μόνο από τις φυσικές ιδιότητες των ουσιών, ενώ η χημική τους σύσταση διατηρείται.*

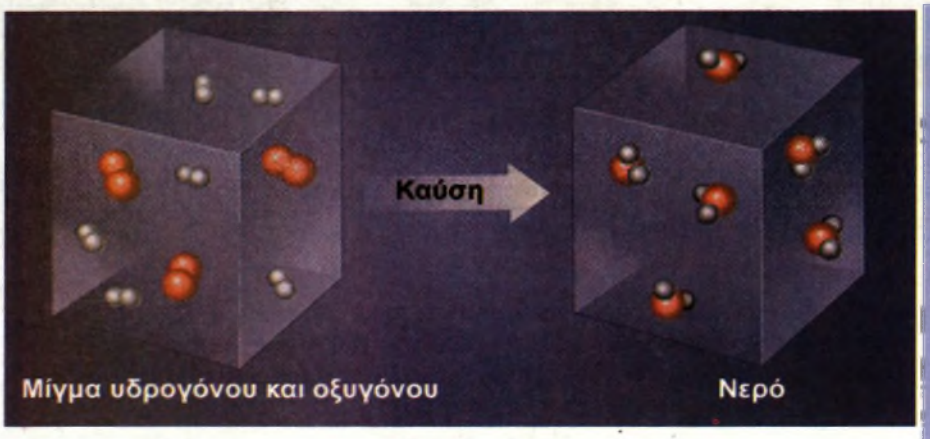
Για παράδειγμα η εξαέρωση του νερού είναι φυσικό φαινόμενο, καθώς η μόνη αλλαγή που συμβαίνει είναι η αλλαγή της φυσικής κατάστασης του νερού, που από υγρό γίνεται αέριο.

➢ *Στα χημικά φαινόμενα (χημικές αντιδράσεις) έχουμε ριζική αλλαγή στη σύσταση και τις ιδιότητες των ουσιών.*

Για παράδειγμα, όταν το υδρογόνο καίγεται στον αέρα, μετατρέπεται σε νερό, που έχει διαφορετική σύσταση και διαφορετικές ιδιότητες (φυσικές και χημικές) από το υδρογόνο.

• Παραδείγματα φυσικών φαινομένων είναι η πήξη του νερού, η διάλυση της ζάχαρης στο νερό, η εξάτμιση του οινοπνεύματος.

• Παραδείγματα χημικών φαινομένων είναι η μετατροπή του μούστου σε κρασί, η καύση του ξύλου, η μετατροπή του χαλκού σε άλας του.

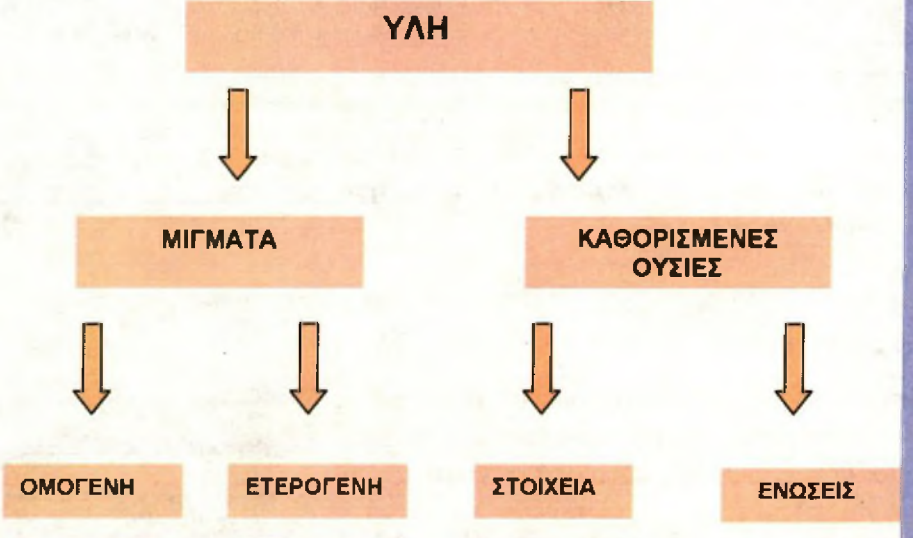


ΣΧΗΜΑ 1.12 Στις χημικές αντιδράσεις (χημικά φαινόμενα) αλλάζει η μοριακή σύσταση, δηλαδή άλλα μόρια έχουμε στα αντιδρώντα και άλλα στα προϊόντα.

1.5 Ταξινόμηση της ύλης - Διαλύματα- Περιεκτικότητες διαλυμάτων - Διαλυτότητα

Ταξινόμηση της ύλης

Η ύλη, τα εκατομμύρια δηλαδή ουσιών που μας περιβάλλουν, μπορεί να ταξινομηθεί με βάση το παρακάτω σχήμα:



Καθαρές ουσίες και μίγματα

Κατ' αρχάς οι ουσίες μπορούν να διακριθούν σε καθαρές ουσίες και μίγματα.

➢ *Καθαρές ή καθορισμένες ουσίες είναι εκείνες που ανεξάρτητα από τον τρόπο παρασκευής τους έχουν καθορισμένη σύσταση και ιδιότητες.*

Το νερό (H_2O), η ζάχαρη ($C_{12}H_{22}O_{11}$), το οινόπνευμα (C_2H_5OH), το οξυγόνο (O_2), ο σίδηρος (Fe) είναι καθαρές ουσίες. Το νερό για παράδειγμα έχει καθορισμένη σύσταση, δηλαδή αποτελείται από υδρογόνο και οξυγόνο με αναλογία μαζών 1:8.

➢ *Τα μίγματα έχουν μεταβλητή σύσταση ανάλογα με τον τρόπο παρασκευής και την προέλευσή τους.*

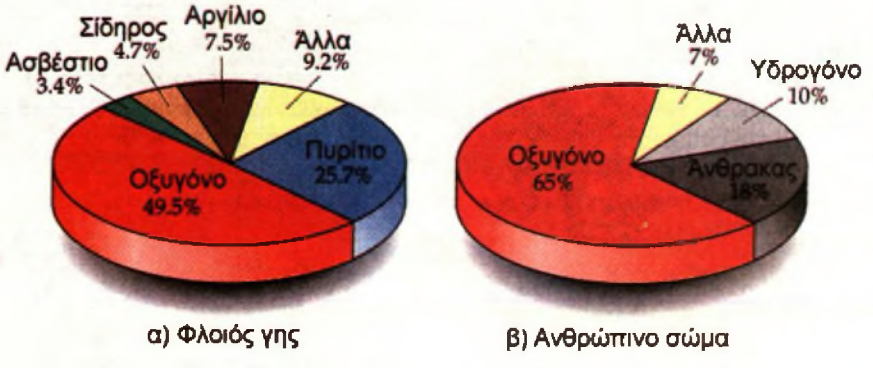
Οι περισσότερες από τις ουσίες που συναντάμε είναι μίγματα, των οποίων η σύσταση ποικίλλει π.χ. το γάλα, το λάδι, το θαλασσινό νερό, ο ατμοσφαιρικός αέρας. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας δεν έχει παντού την ίδια σύσταση, π.χ. ο αέρας της πόλης έχει διαφορετική σύσταση από τον αέρα του βουνού.

Στοιχεία και χημικές ενώσεις

Οι καθαρές ουσίες διακρίνονται στα χημικά στοιχεία και στις χημικές ενώσεις. ***Στοιχεία*** είναι οι απλές ουσίες , αυτές που δεν μπορούν να διασπαστούν σε απλούστερες. Σήμερα είναι γνωστά 112 στοιχεία. Απ' αυτά τα 88 υπάρχουν στη φύση, ενώ τα υπόλοιπα είναι τεχνητά. Το χαρακτηριστικό γνώρισμα των στοιχείων είναι ότι τα μόριά τους αποτελούνται από άτομα του ίδιου είδους. Συνοψίζοντας,

➢ *Στοιχείο ή χημικό στοιχείο ονομάζεται η καθαρή ουσία που δε διασπάται σε απλούστερη και αποτελείται από ένα είδος ατόμων (άτομα με τον ίδιο ατομικό αριθμό).*

Πίνακας με τα σύμβολα και την ονομασία των στοιχείων δίνεται στο παράρτημα, στο τέλος του βιβλίου. Να παρατηρήσουμε ότι το μεγαλύτερο μέρος της γης και του ανθρώπινου σώματος αποτελείται από 7 μόνο στοιχεία, όπως χαρακτηριστικά απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.



ΣΧΗΜΑ 1.13 Κατανομή χημικών στοιχείων στη γη και στον άνθρωπο.

Τα στοιχεία συνδυαζόμενα δίνουν εκατομμύρια χημικές ενώσεις. Π.χ. ο άνθρακας καίγεται με το οξυγόνο και παράγεται διοξείδιο του άνθρακα. Οι χημικές ενώσεις έχουν το χαρακτηριστικό, ότι μπορούν να διασπαστούν σε άλλες απλούστερες. Επίσης, τα μόριά τους αποτελούνται από διαφορετικά είδη ατόμων. Στο παράδειγμα που αναφέραμε, το διοξείδιο του άνθρακα αποτελείται από άτομα C και O. Συνοψίζοντας,

➢ *Χημικές ενώσεις είναι καθαρές ουσίες που μπορούν να διασπαστούν σε άλλες απλούστερες και αποτελούνται από δύο τουλάχιστον είδη ατόμων (άτομα με διαφορετικό ατομικό αριθμό).*

Ομογενή και ετερογενή μίγματα

➢ *Τα ομογενή μίγματα (διαλύματα) είναι ομοιόμορφα μίγματα, έχουν δηλαδή την ίδια σύσταση και τις ίδιες ιδιότητες σ' όλη την έκταση τους.*

Χαρακτηριστικό των ομογενών μιγμάτων είναι πως δεν μπορούμε να διακρίνουμε τα συστατικά τους. Για παράδειγμα, στο νερό της θάλασσας δεν μπορούμε να διακρίνουμε το αλάτι.

➢ *Τα ετερογενή μίγματα είναι ανομοιόμορφα, δηλαδή δεν έχουν την ίδια σύσταση σ' όλη την έκτασή τους.*

Στα μίγματα αυτά διακρίνουμε αρκετές φορές τα συστατικά τους και τις διαφορετικές τους ιδιότητες, π.χ. λάδι με νερό. Τα ομογενή μέρη ενός μίγματος ονομάζονται ***φάσεις***. Στο προηγούμενο παράδειγμα διακρίνουμε τη φάση του λαδιού (που επιπλέει) και τη φάση του νερού (που βρίσκεται κάτω).

Διαχωρισμός ρινισμάτων σιδήρου από χώμα, σε ετερογενές μίγμα, με τη βοήθεια μαγνήτη.

Διαλύματα - Περιεκτικότητες διαλυμάτων

Γενικά για διαλύματα

Όπως ήδη έχουμε ορίσει, ***διάλυμα*** είναι ένα ομογενές μίγμα δύο ή περισσοτέρων ουσιών, οι οποίες αποτελούν τα συστατικά του διαλύματος. Από τα συστατικά αυτά, εκείνο που έχει την ίδια φυσική κατάσταση μ' αυτή του διαλύματος και βρίσκεται συνήθως σε περίσσεια, ονομάζεται ***διαλύτης***. Τα υπόλοιπα συστατικά του διαλύματος ονομάζονται ***διαλυμένες ουσίες***. Τα διαλύματα έχουν μεγάλο πρακτικό ενδιαφέρον, καθώς οι περισσότερες χημικές αντιδράσεις στο εργαστήριο, τη βιομηχανία και τα βιολογικά συστήματα γίνονται σε μορφή διαλυμάτων.

Τα διαλύματα διακρίνονται σε αέρια (π.χ. ατμοσφαιρικός αέρας), υγρά (π.χ. θαλασσινό νερό) και στερεά (π.χ. μεταλλικά νομίσματα). Μπορούν επίσης να ταξινομηθούν σε ***μοριακά διαλύματα,*** των οποίων η διαλυμένη ουσία είναι σε μορφή μορίων, και *σε* ***ιοντικά ή ηλεκτρολυτικά,*** τα οποία περιέχουν τη διαλυμένη ουσία με τη μορφή ιόντων.

Τα πιο συνηθισμένα διαλύματα είναι τα υδατικά, όπου ο διαλύτης είναι νερό. Σ' αυτά η διαλυμένη ουσία μπορεί να είναι αέριο, π.χ. διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) στην coca-cola, ή στερεό, π.χ. χλωριούχο νάτριο (NaCl) στο νερό της θάλασσας, ή υγρό, π.χ. οινόπνευμα (C_2H_5OH) στο κρασί.. Βέβαια ο διαλύτης μπορεί να είναι και οργανική ουσία, όπως η ακετόνη, το βενζόλιο, ο αιθέρας, η βενζίνη, ο τετραχλωράνθρακας.

• Οι περισσότερες αντιδράσεις γίνονται σε διαλύματα. Μ' αυτό τον τρόπο τα διαλυμένα αντιδρώντα, έχοντας λεπτότατο διαμερισμό (άτομα, μόρια ή ιόντα), έρχονται σε καλύτερη επαφή μεταξύ τους και αντιδρούν πιο εύκολα.

• Το νερό είναι άριστος διαλύτης για τις περισσότερες ουσίες. Σε μεγάλη κλίμακα χρησιμοποιούνται επίσης ως διαλύτες η βενζίνη , ο αιθέρας, το οινόπνευμα, η ακετόνη κλπ.

Περιεκτικότητες Διαλυμάτων

Διαβάζοντας στην ετικέτα ενός εμφιαλωμένου κρασιού την ένδειξη 12° (12 αλκοολικοί βαθμοί), καταλαβαίνουμε σε ποια αναλογία βρίσκεται το οινόπνευμα (C_2H_5OH) στο κρασί. Έχουμε δηλαδή μία ένδειξη της περιεκτικότητας του διαλύματος. ***Η περιεκτικότητα δηλαδή εκφράζει την ποσότητα της διαλυμένης ουσίας που περιέχεται σε ορισμένη ποσότητα διαλύματος***. Πολλές φορές χρησιμοποιούμε και τους ποιοτικούς όρους ***πυκνό*** και ***αραιό*** για διαλύματα σχετικά μεγάλης ή σχετικά μικρής περιεκτικότητας, αντίστοιχα. Τέλος, να παρατηρήσουμε ότι, αν το διάλυμα περιέχει περισσότερες από μία διαλυμένες ουσίες, θα έχει τόσες περιεκτικότητες όσες είναι και οι διαλυμένες ουσίες του.

Εκφράσεις περιεκτικότητας

Η περιεκτικότητα ενός διαλύματος εκφράζεται συνήθως με τους εξής τρόπους:

1. Περιεκτικότητα στα εκατό κατά βάρος (% w/w)

Όταν λέμε ότι ένα διάλυμα ζάχαρης ($C_{12}H_{22}O_{11}$) είναι 8% w/w (ή κ.β), εννοούμε ότι περιέχονται 8 g ζάχαρης στα 100 g διαλύματος. Δηλαδή, η *% w/w περιεκτικότητα εκφράζει τη μάζα (σε g) της διαλυμένης ουσίας σε 100 g διαλύματος.*

2. Περιεκτικότητα στα εκατό βάρους κατ' όγκον (% w/v)

Όταν λέμε ότι ένα διάλυμα π.χ. χλωρισύχου νατρίου (NaCl) είναι 10% w/v (ή κ.ο), εννοούμε ότι περιέχονται 10 g NaCl στα 100 mL διαλύματος. Δηλαδή,

➢ Η *% w/v περιεκτικότητα εκφράζει τη μάζα (σε g) της διαλυμένης ουσίας σε 100 mL του διαλύματος.*

3. Περιεκτικότητα στα εκατό όγκου σε όγκο (% v/v)

Χρησιμοποιείται σε ειδικότερες περιπτώσεις:

α. Για να εκφράσει την περιεκτικότητα υγρού σε υγρό. Δηλαδή, η ένδειξη στη μπίρα 3% v/v ή 3° (αλκοολικοί βαθμοί) υποδηλώνει ότι περιέχονται 3 mL οινοπνεύματος στα 100 mL της μπίρας.

β. Για να εκφράσει την περιεκτικότητα ενός αερίου σε αέριο μίγμα. Δηλαδή η έκφραση ότι ο αέρας έχει περιεκτικότητα 20% v/v σε οξυγόνο, υποδηλώνει ότι περιέχονται 20 cm^3 οξυγόνου στα 100 cm^3 αέρα.

➢ *Η % v/v περιεκτικότητα εκφράζει τον όγκο (σε mL) της διαλυμένης ουσίας σε 100 mL του διαλύματος.*

Όταν τα διαλύματα είναι πολύ αραιά (π.χ. ρύποι στον αέρα ή στη θάλασσα), μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τις εξής εκφράσεις περιεκτικότητας:

4. ppm το οποίο εκφράζει τα μέρη της διαλυμένης ουσίας που περιέχονται σε 1 εκατομμύριο (10^6) μέρη διαλύματος.

5. ppb το οποίο εκφράζει τα μέρη της διαλυμένης ουσίας που περιέχονται σε 1 δισεκατομμύριο (10^9) μέρη διαλύματος.

• **w** = weight, βάρος παρ' όλο που στη χημεία χρησιμοποιείται η μάζα.

• v = volume, όγκος.

• Η **% v/v** χρησιμοποιείται συνήθως σε αλκοολούχα ποτά και σε υγρά φαρμακευτικά σκευάσματα.

Διαλυτότητα

Σε 100 g H_2O στους 20 °C μπορούμε να διαλύσουμε το πολύ 35,5 g στερεού χλωριούχου νατρίου (NaCl), ενώ μπορούμε να διαλύσουμε το πολύ 0,00016 g στερεού χλωριούχου αργύρου (AgCl). Έτσι, λέμε ότι το NaCl είναι μια ευδιάλυτη ουσία με μεγάλη ***διαλυτότητα***, ενώ ο AgCl είναι μια δυσδιάλυτη ουσία με πολύ μικρή ***διαλυτότητα***.

➢ *Διαλυτότητα ορίζεται η μέγιστη ποσότητα μιας ουσίας που μπορεί να διαλυθεί σε ορισμένη ποσότητα διαλύτη, κάτω από ορισμένες συνθήκες (π.χ. θερμοκρασία).*

Τα διαλύματα που περιέχουν τη μέγιστη ποσότητα διαλυμένης ουσίας ονομάζονται ***κορεσμένα διαλύματα***. Αντίθετα τα διαλύματα που περιέχουν μικρότερη ποσότητα διαλυμένης ουσίας από τη μέγιστη δυνατή ονομάζονται ***ακόρεστα***.

Η διαλυτότητα μιας ουσίας επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

α. τη φύση του διαλύτη

Εδώ ισχύει ο γενικός κανόνας «τα όμοια διαλύουν όμοια». Αυτό σημαίνει ότι διαλύτης και διαλυμένη ουσία θα πρέπει να έχουν παραπλήσια χημική δομή (π.χ. μοριακή ή ιοντική σύσταση).

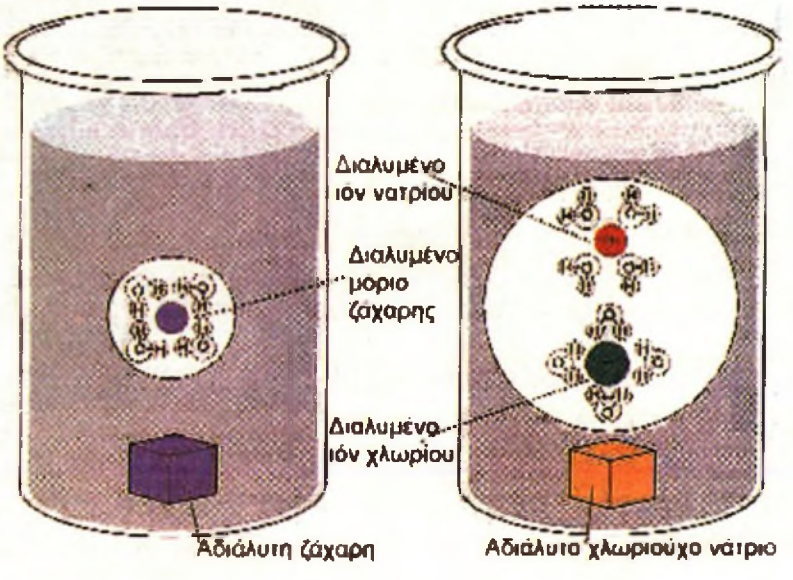
β. τη θερμοκρασία

Συνήθως η διαλυτότητα των στερεών στο νερό αυξάνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, ενώ η διαλυτότητα των αερίων στο νερό μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας.

γ. την πίεση

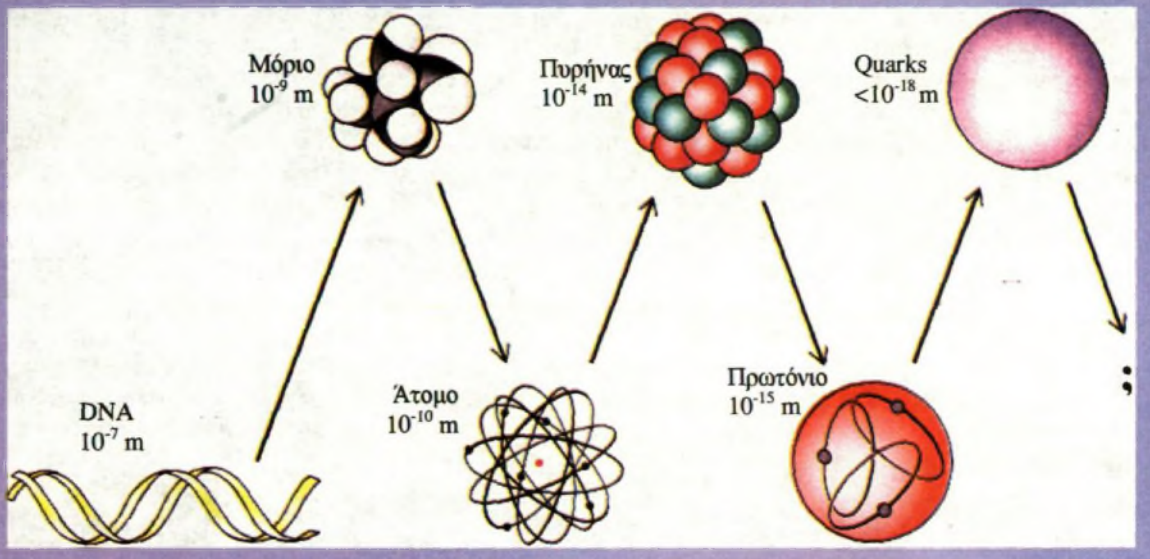
Γενικά, η διαλυτότητα των αερίων στο νερό αυξάνεται με την αύξηση της πίεσης. Γι' αυτό, μόλις ανοίξουμε μία φιάλη με αεριούχο ποτό (η πίεση ελαττώνεται και γίνεται ίση με την ατμοσφαιρική), η διαλυτότητα του CO_2 στο νερό ελαττώνεται και το ποτό αφρίζει.

• Η διαλυτότητα μπορούμε να πούμε ότι εκφράζει την περιεκτικότητα ενός κορεσμένου διαλύματος.



ΣΧΗΜΑ 1.14 Το νερό είναι άριστος διαλύτης. Έχει την ικανότητα να διαλύει, όπως φαίνεται διαγραμματικά, τόσο τα μόρια (διάλυση ζάχαρης- μοριακή ένωση $C_{12}H_{22}O_{11}$) όσο και τα ιόντα (διάλυση άλατος- ιοντική ένωση-NaCl).

Γνωρίζεις ότι.....



Η ύλη: συνεχής ή ασυνεχής;

Από «παλιά» οι φιλόσοφοι είχαν διαφωνήσει πάνω στη διαιρετότητα της ύλης. Είναι δυνατόν ένα κομμάτι ύλης να διχοτομείται συνεχώς σε ολοένα μικρότερα κομμάτια - πράγμα που η αριστοτελική θεωρία ευνοούσε - ή υπάρχει ένα όριο σ' αυτή τη διαδικασία της διαίρεσης, όπως ο Δημόκριτος - γεννημένος το 460 π.Χ.- είχε προτείνει; Ποια άποψη είναι «ορθή» με τα σημερινά δεδομένα; Βέβαια φαίνεται ότι οι «ατομιστές» είναι οι νικητές αυτής της διαμάχης. Άλλωστε ο Dalton το δικό τους κόσμο ανέπτυξε με την ατομική του θεωρία .
Είχαν όμως δίκιο οι Έλληνες «ατομιστές»; Εξαρτάται από το πώς κανείς ορίζει την ασυνέχεια - αδιαιρετότητα αυτή. Βέβαια είναι αποδεκτό ότι τα άτομα είναι θεμελιώδους σημασίας. Αλλά είναι επίσης γνωστό ότι τα άτομα δεν είναι αδιαίρετα, όπως οι Έλληνες «ατομιστές» και ο Dalton πρότειναν. Εξάλλου, ακόμα και ο Dalton προς το τέλος της ζωής του έκανε τη σημαντική «προφητεία» ότι μεγάλη ποσότητα ενέργειας θα εκλύεται, αν το άτομο σπάσει. Δεν υπάρχει πειραματική απόδειξη ότι η ύλη δεν είναι επ' άπειρον διαιρετή. Προφανώς, όσο μικρότερο είναι το υλικό σωματίδιο τόσο μεγαλύτερη είναι η δυσκολία διαίρεσής του. Ο καθοριστικός γι' αυτό παράγοντας είναι η ενέργεια που κάθε φορά θ' απαιτείται για τη διαίρεση αυτή. Καμιά από τις γενικές αυτές αρχές δεν μπορεί «άμεσα» να ελεγχθεί σαν ορθή ή όχι μια και θα πρέπει να εξαντληθούν όλες οι δυνατές περιπτώσεις.
Εξαρτάται δηλαδή η αλήθεια των όσων λεει κανείς πάνω στη διαιρετότητα της ύλης από το ενεργειακό πεδίο στο οποίο βρίσκεται η υπό εξέταση ουσία. Παρακάτω, δίνονται τα ενεργειακά όρια κάτω από τα οποία τα αναφερόμενα σωματίδια είναι σταθερά και αντιπροσωπεύουν τα ελαχιστότατα αδιαίρετα κομμάτια ύλης.

Σωματίδιο	**Ενεργειακή περιοχή**	
	eV σωματίδιο^{-1}	J mol^{-1}
Μόριο	10 έως 100	$9{,}65\cdot10^{5}$ - $9{,}65\cdot10^{6}$
Άτομο	100 - 10^{6}	$9{,}65\cdot10^{6}$ - $9{,}65\cdot10^{10}$
Πυρήνας(p, n)	10^{6} - 10^{9}	$9{,}65\cdot10^{10}$ - $9{,}65\cdot10^{13}$
quarks	$> 10^{9}$	$> 9{,}65\cdot10^{13}$

Οι δύο τελευταίες ενεργειακές περιοχές αποτελούν αντικείμενο της *φυσικής των υψηλών ενεργειών*.
Για σύγκριση αναφέρεται ότι η ενέργεια για τη διάσπαση του δεσμού H-H είναι $4{,}26\cdot10^{5}$ J mol^{-1} και του C≡C $8{,}37\cdot10^{5}$ J mol^{-1}. Η ενέργεια που απαιτείται για την απομάκρυνση όλων των ηλεκτρονίων από το άτομο του οξυγόνου είναι περίπου 10^{8} J mol^{-1}. Η ενέργεια που απαιτείται για τη διάσπαση του πυρήνα του αζώτου στα πρωτόνια και νετρόνια που τον αποτελούν είναι περίπου 10^{13} J mol^{-1}. Τα πρωτόνια ακόμη δεν έχουν διασπασθεί πειραματικά. Δεν μπορεί κανείς να πει με βεβαιότητα ότι θα διασπασθεί το πρωτόνιο αλλά μπορεί με σιγουριά να προβλέψει ότι για αυτή τη διάσπαση θα απαιτούνται πολύ μεγαλύτερα ποσά ενέργειας. Τα πρωτόνια, τα νετρόνια και τα ηλεκτρόνια λέγονται θεμελιώδη σωματίδια, θεμελιώδη με την έννοια ότι απαντούν σε κάθε μορφή ύλης στη γη. Δεν μπορούμε όμως να πούμε ότι δε διασπώνται, διότι τότε θα διατρέχουμε τον ίδιο «κίνδυνο» με τον Dalton, που όριζε το άτομο σαν αδιάσπαστο...

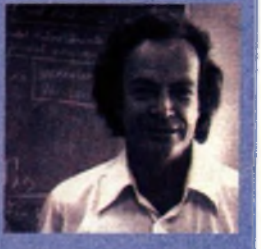
Διαίρεση της ύλης.
Σχεδόν οποιοδήποτε στερεό σώμα μπορεί με την **άλεση** να μετατραπεί σε **αναφή σκόνη** (φαρίνα). Η ενέργεια που απαιτείται γι' αυτό εξαρτάται από τη σκληρότητα του υλικού. Το μέγεθος των κόκκων της σκόνης αυτής προσδιορίζεται με **κοσκίνισμα** και είναι της τάξεως των 10 μm (1μm =10^{-6} m).
Στερεά σωματίδια που αιωρούνται στον αέρα ή το νερό μπορούν να διαχωρίζονται από την αντίστοιχη φάση με φυγοκέντρηση και διήθηση. Το μέγεθός τους είναι της τάξης των 2 μm σε διάμετρο. Υπάρχουν ακόμη μικρότερα σωματίδια που αιωρούνται στον αέρα ή το νερό και διέρχονται και από τα πιο λεπτά διηθητικά φύλλα. Τέτοια αιωρήματα καλούνται κολλοειδή και το μέγεθος των σωματιδίων αυτών είναι περίπου 1 έως 100 nm (1 nm = 10^{-9} m). Αν κανείς θέλει να διασπείρει μία ουσία σε σωματίδια μοριακού μεγέθους της τάξεως των 0,1 έως 10 nm δεν έχει παρά να διαλύσει ή να εξαερώσει την ουσία. Ωστόσο, η διάλυση είναι μία συνθετότερη διαδικασία και περιλαμβάνει εκτός από το διαχωρισμό των σωματιδίων και αντίδραση με το διαλύτη.
Η εξαέρωση είναι απλούστερη από άποψη μηχανισμού. Σε αυτήν ένα στερεό ή υγρό σώμα με θέρμανση μεταπίπτει στην αέρια κατάσταση, όπου τα στοιχειώδη σωματίδια, μόρια ή για μερικές περιπτώσεις άτομα (ευγενή αέρια), είναι μεμονωμένα πολύ πιο «ελεύθερα» και καταλαμβάνουν πολύ μεγαλύτερο χώρο, όγκο. Και μάλιστα, όσο μικρότερη είναι η πίεση του αερίου αυτού, τόσο λιγότερα είναι τα μόρια που περιλαμβάνει στη μονάδα όγκου.

John Dalton 1766-1844

Γνωρίζεις ότι.....

Έχουν πει για το άτομο

Ένα από τα πρώτα ατομικά μοντέλα (μοντέλο Rutherford)



R. Feynman (βραβείο Νόμπελ 1965)

Αν συνέβαινε κάποια βιβλική καταστροφή, ώστε να χαθεί όλη η επιστημονική γνώση και να απομείνει μόνο μία πρόταση για να μεταβιβαστεί στις επερχόμενες γενιές, ποια διατύπωση θα εμπεριείχε τις περισσότερες πληροφορίες με τις λιγότερες λέξεις; Πιστεύω πως θα ήταν η ατομική υπόθεση (ή ατομική πραγματικότητα ή όπως αλλιώς θέλετε να την ονομάσετε), πως όλα τα πράγματα αποτελούνται από άτομα, δηλαδή μικρά σωματίδια που κινούνται αδιάκοπα στο χώρο και τα οποία έλκονται όταν η μεταξύ τους απόσταση είναι μικρή, ενώ απωθούνται, όταν προσπαθούμε να τα φέρουμε πολύ κοντά το ένα στο άλλο. Όπως θα δείτε, σε αυτή την πρόταση και μόνο συγκεντρώνεται τεράστια ποσότητα πληροφορίας σχετικά με τον κόσμο, αρκεί να ενεργοποιήσουμε λίγο τη σκέψη και τη φαντασία μας.
....τα άτομα έχουν ακτίνα 1 ή 2.10^{-8} cm. Το 10^{-8} cm ονομάζεται Angstrom (πρόκειται απλώς για ένα ακόμη όνομα). Έτσι, λέμε ότι τα άτομα έχουν ακτίνα 1 ή 2 Angstrom. Ένας διαφορετικός τρόπος για να θυμάστε το μέγεθος είναι ο εξής: αν ένα μήλο μεγεθυνθεί στις διαστάσεις της Γης, τότε τα άτομά του θα έχουν κατά προσέγγιση το μέγεθος του αρχικού μήλου.

Kerner

Δεν υπάρχει τέτοιο πράγμα, ένα ηλεκτρόνιο με καθορισμένη θέση και ορμή. Προσδιορίζεις τη μία, χάνεις την άλλη και όλα αυτά συμβαίνουν χωρίς κόλπα (...) Όταν τα πράγματα γίνονται πραγματικά μικρά, γίνονται τρελά (...). Σφίξτε λοιπόν τώρα τη γροθιά σας, και αν η γροθιά σας έχει το μέγεθος του πυρήνα ενός ατόμου, τότε το άτομο είναι μεγάλο σαν τον καθεδρικό ναό του Αγίου Παύλου, και αν τυχαίνει να είναι το άτομο του υδρογόνου, τότε έχει ένα μοναδικό ηλεκτρόνιο, που πετάει εδώ και εκεί σαν πεταλουδίτσα στον άδειο ναό, τη μια στον τρούλο και την άλλη κοντά στην Αγία Τράπεζα (...). Κάθε άτομο είναι ένας καθεδρικός ναός (...). Ένα ηλεκτρόνιο δε διαγράφει μια τροχιά, όπως ένας πλανήτης. Μοιάζει με πεταλουδίτσα που ήταν εδώ πριν από μια στιγμή, κερδίζει ή χάνει ένα κβάντα ενέργειας και πηδάει, και τη στιγμή του κβαντικού πηδήματος μοιάζει με δύο πεταλούδες, μια που είναι εκεί και μια που παύει να είναι εκεί. Ένα ηλεκτρόνιο είναι σαν δίδυμα, το καθένα μοναδικό, ένα μοναδικό δίδυμο.

P. Atkins (καθηγητής στο πανεπιστήμιο της Οξφόρδης)

Αν «σηκώσετε» ένα άτομο, θα εκπλαγείτε από το βάρος του. Θα μείνετε άναυδοι, όταν διαπιστώσετε ότι η ύπαρξή του είναι σχεδόν ανύπαρκτη, σαν ιστός αράχνης. Στην πραγματικότητα ένα άτομο, φαινομενικά, είναι σχεδόν τίποτε. Μόνο ένα υπεράνθρωπα οξύ και διαπεραστικό βλέμμα θα μπορούσε να δει τη μικροσκοπική κουκίδα στο κέντρο του ιστού- μια κουκίδα στην οποία, παρά το ασήμαντο μέγεθός της, περιλαμβάνεται σχεδόν ολόκληρη η μάζα του ατόμου. Τούτη η συμπαγής αλλά μικροσκοπική κουκίδα αποτελεί τον πυρήνα του ατόμου. Αυτό που μας ενδιαφέρει είναι ότι οι πυρήνες συνίστανται από δύο τύπους στοιχειωδών σωματιδίων, τα πρωτόνια και τα νετρόνια, που συνδέονται ισχυρά μεταξύ τους (εξαίρεση αποτελεί το υδρογόνο, ο πυρήνας του οποίου συνίσταται από ένα μόνο πρωτόνιο). Οι πυρήνες επιβιώνουν, επειδή τα πρωτόνια και τα νετρόνιά τους συγκολλώνται υπό την επίδραση μιας ειδικής δύναμης που ασκούν το ένα στο άλλο. Ενάντια σ' αυτή τη δύναμη δρα η άπωση μεταξύ των ομωνύμων φορτίων, χαρακτηριστική των θετικά φορτισμένων πρωτονίων που συνωθούνται μέσα στον πυρήνα. Ένας πυρήνας μπορεί να επιβιώσει μόνο αν υπάρχουν αρκετά νετρόνια – ηλεκτρικά ουδέτερα σωματίδια - που συγκρατούνται σταθερά με τα πρωτόνια, σαν ναυαγοί επιζώντες πάνω σε μια εύθραυστη σχεδία που κλυδωνίζεται σ' ένα τρικυμισμένο ωκεανό. Έξω από τον πυρήνα κατοικούν τα ηλεκτρόνια. Εδώ συντελείται η χημική δράση, και εδώ βρίσκονται οι αιτίες των διαφόρων ομοιοτήτων μεταξύ των στοιχείων.

Γ. Κον και Τ. Ποπλ (Βραβείο Νόμπελ Χημείας 1998)

Ο Κον διατύπωσε μια νέα θεωρία για τη συμπεριφορά των ηλεκτρονίων, μελετώντας πόσα ηλεκτρόνια κατά μέσο όρο βρίσκονται σε κάθε σημείο του χώρου. Έδειξε ότι δεν είναι απαραίτητο να περιγράφουμε με εξισώσεις την κίνηση των ηλεκτρονίων και έτσι, απλοποιώντας τα πράγματα βοήθησε τους ερευνητές να κόψουν πολύ δρόμο ως τον τελικό στόχο της διερεύνησης της συμπεριφοράς των ατόμων. Ο Ποπλ αξιοποίησε τις δυνατότητες των υπολογιστικών μηχανών, καταρτίζοντας ένα πρόγραμμα που βοηθά να διεισδύσουμε ακόμη περισσότερο στη συμπεριφορά των απειροελάχιστων σωματιδίων της ύλης.

Ανακεφαλαίωση

1. Η Χημεία είναι η επιστήμη της ύλης και των μεταμορφώσεων της.
2. Το Διεθνές Σύστημα Μονάδων (SI) περιέχει 7 θεμελιώδη μεγέθη με τις χαρακτηριστικές τους μονάδες.
3. Μάζα είναι το ποσό της ύλης που περιέχεται σε ένα σώμα.
4. Όγκος είναι ο χώρος που καταλαμβάνει ένα σώμα.
5. Ως πυκνότητα ορίζεται το πηλίκο της μάζας προς τον αντίστοιχο όγκο σε σταθερές συνθήκες πίεσης (για τα αέρια) και θερμοκρασίας.
6. Άτομο είναι το μικρότερο σωματίδιο ενός στοιχείου που μπορεί να πάρει μέρος στο σχηματισμό χημικών ενώσεων.
7. Μόριο είναι το μικρότερο κομμάτι μιας καθορισμένης ουσίας που μπορεί να υπάρχει ελεύθερο και να διατηρεί τις ιδιότητες του σώματος από το οποίο προέρχεται.
8. Τα ιόντα είναι τα φορτισμένα άτομα (μονοατομικά ιόντα) ή τα φορτισμένα συγκροτήματα ατόμων (πολυατομικά ιόντα).
9. Ατομικότητα στοιχείου ονομάζεται ο αριθμός που δείχνει από πόσα άτομα αποτελείται το μόριο ενός στοιχείου.
10. Ατομικός αριθμός (Z) είναι ο αριθμός των πρωτονίων στον πυρήνα του ατόμου ενός στοιχείου.
11. Μαζικός αριθμός (A) είναι ο αριθμός των πρωτονίων και των νετρονίων στον πυρήνα ενός ατόμου.
12. Ισότοπα ονομάζονται τα άτομα που έχουν τον ίδιο ατομικό αλλά διαφορετικό μαζικό αριθμό.
13. Η ύλη, ανάλογα με τις συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, βρίσκεται σε τρεις φυσικές καταστάσεις, τη στερεά, την υγρή και την αέρια.
14. Ιδιότητες είναι τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των διαφόρων ουσιών και διακρίνονται σε φυσικές και χημικές.
15. Φαινόμενα ονομάζονται οι μεταβολές που υφίστανται τα σώματα και διακρίνονται σε φυσικά και χημικά.
16. Όλα τα σώματα που μας περιβάλλουν διακρίνονται σε καθαρές ουσίες και σε μίγματα. Οι καθαρές ουσίες ή καθορισμένα σώματα διακρίνονται σε στοιχεία και χημικές ενώσεις, και τα μίγματα διακρίνονται σε ομογενή και ετερογενή.
17. Στοιχείο ονομάζεται η ουσία που αποτελείται από ένα είδος ατόμων, δηλαδή από άτομα που έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό.
18. Διάλυμα είναι το ομογενές μίγμα δύο ή περισσοτέρων συστατικών. Το διάλυμα αποτελείται από το διαλύτη και τη διαλυμένη ουσία (μπορεί να είναι περισσότερες από μία).
19. Διαλυτότητα είναι η περιεκτικότητα ενός κορεσμένου διαλύματος. Κορεσμένο είναι το διάλυμα το οποίο περιέχει τη μέγιστη ποσότητα της ουσίας που μπορεί να διαλυθεί στο συγκεκριμένο διαλύτη και σε σταθερές συνθήκες.

20. Η διαλυτότητα μιας ουσίας εξαρτάται από τη φύση του διαλύτη, τη θερμοκρασία και την πίεση (για αέρια διαλυμένη ουσία).

Λέξεις Κλειδιά

μάζα
όγκος
πυκνότητα
άτομο
μόριο
ιόν
ατομικότητα
ατομικός αριθμός
μαζικός αριθμός
ισότοπα
στερεά κατάσταση
υγρή κατάσταση
αέρια κατάσταση
φυσικές ιδιότητες
χημικές ιδιότητες
φυσικό φαινόμενο
χημικό φαινόμενο
καθαρή ουσία
ομογενές μίγμα
ετερογενές μίγμα
στοιχείο
χημική ένωση
διάλυμα
διαλύτης
διαλυμένη ουσία
περιεκτικότητα διαλύματος
διαλυτότητα
κορεσμένο διάλυμα
ευδιάλυτη ουσία
δυσδιάλυτη ουσία

Ερωτήσεις – Ασκήσεις - Προβλήματα

Ερωτήσεις Επανάληψης

1. Να ονομάσετε τα βασικά θεμελιώδη μεγέθη που ενδιαφέρουν τη Χημεία. Να δώσετε τις μονάδες στο σύστημα SI για τα παρακάτω μεγέθη: α) μήκος, β) όγκος, γ) μάζα, δ) χρόνος, ε) πυκνότητα, στ) ενέργεια, ζ) θερμοκρασία, η) εμβαδόν επιφανείας.

2. Να ορίσετε και να συμβολίσετε τα θεμελιώδη υποατομικά σωματίδια, αναφέροντας ότι γνωρίζετε σχετικά με το ηλεκτρικό φορτίο και τη μάζα τους .

3. α) Πώς συμβολίζεται ένα άτομο;
β) Πώς ορίζεται ο ατομικός αριθμός ενός στοιχείου και πώς ο μαζικός αριθμός ενός ατόμου;

4. Ποια στοιχεία λέγονται μονοατομικά; Αναφέρετε μερικά από αυτά.

5. Ποια είναι τα ονόματα και τα σύμβολα των διατομικών στοιχείων;

6. Τι πληροφορίες μάς δίνει το σύμβολο $^{14}_{6}C$;

7. Σε τι διαφέρει το μόριο ενός στοιχείου από το μόριο μιας χημικής ένωσης;

8. Ποια είναι η συμπεριφορά των σωμάτων στις τρεις φυσικές καταστάσεις και πώς εξηγείται;

9. Πώς ονομάζονται οι μεταβολές της φυσικής κατάστασης των σωμάτων και οι αντίστοιχες θερμοκρασίες στις οποίες πραγματοποιούνται;

10. Πώς ορίζονται τα φυσικά και πώς τα χημικά φαινόμενα; Σε τι διαφέρουν;

11. Να δώσετε ένα παράδειγμα ομογενούς μίγματος και ένα παράδειγμα ετερογενούς μίγματος.

12. Να δώσετε από δύο παραδείγματα στοιχείων και χημικών ενώσεων. Πού διαφέρουν τα στοιχεία από τις χημικές ενώσεις;

13. Να δώσετε τα ονόματα των στοιχείων που παριστάνονται από τα χημικά σύμβολα: Li, K, Cl, P, N, S, Ba, Br, Fe, Al, U, Mg, Si.

14. Να δώσετε τα χημικά σύμβολα των στοιχείων : νάτριο, ρουβίδιο, φθόριο, οξυγόνο, υδρογόνο, ασβέστιο, μαγγάνιο, ήλιο, άνθρακας, μόλυβδος.

15. Τι ονομάζεται διάλυμα και πώς ονομάζονται τα συστατικά του; Να αναφέρετε ένα παράδειγμα υγρού και ένα παράδειγμα αέριου διαλύματος.

16. Τι εννοούμε όταν λέμε ότι ένα διάλυμα είναι:
α. αραιό, β. πυκνό.

17. Τι ονομάζεται διαλύτης; Να αναφέρετε μερικούς υγρούς διαλύτες. Ποιος είναι ο συνηθέστερος από αυτούς;

18. Από τι και πώς εξαρτάται η διαλυτότητα μιας στερεής και μιας αέριας ουσίας στο νερό;

Μετρήσεις - Μονάδες - Γνωρίσματα της Ύλης

19. Ποιες μονάδες χρησιμοποιούν συνήθως οι χημικοί για την πυκνότητα των: α) στερεού, β) υγρού και γ) αερίου σώματος; Να εξηγήσετε τη διαφορά.

20. Να συμπληρώσετε τις παρακάτω προτάσεις:
α. Η μάζα ενός σώματος είναι.....
β. Ο όγκος ενός σώματος είναι.....
γ. Η πυκνότητα ενός σώματος είναι.....

21. Να συμπληρώσετε τις παρακάτω προτάσεις:
α. Η μάζα ενός σώματος υπολογίζεται πειραματικά με τη βοήθεια του.....
β. Ο όγκος ενός υγρού υπολογίζεται πειραματικά με τη βοήθεια I. της ....., II. του ο..... κ.....

22. Διαθέτετε ζυγό ακριβείας, ογκομετρικό κύλινδρο, νερό, υποδεκάμετρο και ένα μικρό κύβο καθαρού σιδήρου. Να περιγράψετε δύο τρόπους με τους οποίους μπορείτε να υπολογίσετε τον όγκο του σιδερένιου κύβου και κατόπιν την πυκνότητά του. Ποιος από τους δύο τρόπους πιστεύετε ότι είναι πιο ακριβής για τους υπολογισμούς σας;

23. Αν η πυκνότητα ενός σώματος εκφράζεται στο SI σε g/cm^3 με τι πρέπει να πολλαπλασιαστεί η τιμή αυτή, ώστε να μετατραπεί σε kg/m^3;

24. Να διαλέξετε τη σωστή απάντηση:
Για να μετρήσουμε τον όγκο μιας πολύ μικρής ποσότητας ενός υγρού θα χρησιμοποιήσουμε:
α. ηλεκτρονικό ζυγό
β. φαρμακευτικό ζυγό
γ. πυκνόμετρο
δ. σιφώνιο
ε. ποτήρι ζέσεως
στ. ογκομετρικό κύλινδρο.

25. Ποια όργανα θα χρησιμοποιούσατε για να μετρήσετε:
α. το μήκος μιας ράβδου
β. τη μάζα μιας ποσότητας ζάχαρης
γ. τον όγκο του περιεχομένου ενός κουτιού αναψυκτικού
δ. το χρόνο στον οποίο ένας δρομέας διανύει 200 m
ε. την πίεση σ' ένα ελαστικό αυτοκινήτου.

26. Τι είδους ποσότητα (για παράδειγμα, μήκος, πυκνότητα κ.λ.π.), δείχνουν οι πιο κάτω μετρήσεις;

α. 8 ns	ε. 500 K
β. 3,4 kg/L	στ. 3 mm^3
γ. 4,2 nm	ζ. 27 ºC
δ. 412 km^2	η. 410 mg

27. Να αντιστοιχίσετε τα σύμβολα με τους σωστούς αριθμούς και μονάδες:

α. l	1. 5 mol
β. T	2. 7,8 g/cm^3
γ. n	3. 298 K
δ. m	4. 2 m
ε. V	5. 4 L
στ. ρ	6. 10 kg

28. Ένα υγρό βρέθηκε με τη βοήθεια του ζυγού ότι έχει μάζα 22 g και με τη βοήθεια ογκομετρικού κυλίνδρου ότι έχει όγκο 20 mL. Η πυκνότητά του υγρού είναι:

α. 4,4 g/mL
β. 1,1 g/mL
γ. 2 g/mL

Διαλέξτε τη σωστή απάντηση δίνοντας κάποια εξήγηση.

29. Το άτομο του υδρογόνου έχει ακτίνα ίση με 0,12 nm. Υποθέτοντας ότι έχει σφαιρικό σχήμα, ο όγκος του σε m^3 είναι:

$V_{σφαίρας}=4/3\cdot\pi\cdot R^3$

α. $8{,}0 \cdot 10^{-10}$
β. $4{,}5 \cdot 10^{20}$
γ. $7{,}2 \cdot 10^{-30}$
δ. 0,2 m^3

30. Ποιες από τις πιο κάτω προτάσεις είναι σωστές (Σ) και ποιες είναι λανθασμένες(Λ);

α. το 1 g έχει όγκο 1 mL
β. το 1 nm είναι 10 Å
γ. η μέτρηση της μάζας γίνεται με την προχοΐδα
δ. το 1 cm^3 σιδήρου έχει ίδια μάζα με 1 cm^3 αργιλίου
ε. η πυκνότητα του οξυγόνου εξαρτάται από τη θερμοκρασία.

31. Μια σφαίρα από αλουμίνιο έχει μάζα m και όγκο V και στο εσωτερικό της μία κοιλότητα όγκου V'. Η πυκνότητα του αλουμινίου δίνεται από τη σχέση:

α. $\rho = \frac{m}{V}$, β. $\rho = m \cdot V$, γ. $\rho = \frac{m}{V+V'}$, δ. $\rho = \frac{m}{V-V'}$

* **32.** Αν η πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα σε συνήθη πίεση και στους 25 ºC είναι 1,19 g/dm^3, πόσο ζυγίζει ο αέρας που γεμίζει ένα δωμάτιο διαστάσεων 8,5 m, 13,5 m και 2,8 m;

382,35 kg

*** 33.** Ο υδράργυρος έχει πυκνότητα ρ = 13,594 g/mL στους 25 ºC. Ένας κυλινδρικός σωλήνας διαμέτρου 8,00 mm γεμίζει με Hg μέχρις ύψους 78,3 cm. Ποια είναι η μάζα του υδραργύρου στο σωλήνα στη θερμοκρασία αυτή;

$V_{κυλ}=\pi \cdot R^2 \cdot h$

534,76 g

34. Το «όριο επιφυλακής» για την περιεκτικότητα του αέρα της Αθήνας σε διοξείδιο του αζώτου σύμφωνα με τις ανακοινώσεις του ΠΕΡΠΑ είναι 200 μg/cm^3. Να εκφράσετε την περιεκτικότητα αυτή σε g/m^3, g/dm^3, mg/dm^3 (ή ppm) και g/cm^3.

200 g/m^3 – 0,2 g/dm^3 – 200 mg/dm^3 - $2 \cdot 10^{-4}$ g/cm^3

*** 35.** Οι ανάγκες σε νερό των κατοίκων του λεκανοπεδίου της Αττικής είναι περίπου 300 εκατομμύρια m^3 ετησίως (365 ημέρες). Αν οι κάτοικοι του λεκανοπεδίου είναι $4 \cdot 10^6$, πόσα L νερού αντιστοιχούν ανά κάτοικο ημερησίως;

205,5 L

*** 36.** Η μέση ακτίνα της γης είναι 6.340 km και η μάζα της είναι $6,59 \cdot 10^{21}$ τόνοι. Ποια είναι η μέση πυκνότητά της;

$V_{σφαίρας}=4/3 \cdot \pi \cdot R^3$

6,16 g/cm^3 ή 6,16 ton/m^3

Δομικά σωματίδια ύλης (Άτομα - Μόρια - Ιόντα)
Δομή Ατόμου
Ατομικός αριθμός - Μαζικός αριθμός - Ισότοπα

37. Με δεδομένο ότι το χλώριο βρίσκεται στη φύση με τη μορφή μίγματος των δύο ισοτόπων $^{35}_{17}Cl$ και $^{37}_{17}Cl$, ενώ το υδρογόνο με τη μορφή τριών ισοτόπων $^{1}_{1}H$, $^{2}_{1}H$, $^{3}_{1}H$, να εξετάσετε πόσα είδη μορίων H_2, πόσα είδη μορίων Cl_2 και πόσα είδη μορίων HCl υπάρχουν.

38. Είναι σωστό να πούμε ότι δομικές μονάδες όλων των χημικών ενώσεων είναι τα μόρια ή όχι και γιατί;

39. Να συμπληρώσετε τις προτάσεις:

α. Άτομο είναι.....

β. Μόριο είναι.....

γ. Ιόν είναι.....

δ. Ατομικός αριθμός ενός.....

ε. Μαζικός αριθμός ενός.....

στ. Ισότοπα ονομάζονται τα άτομα τα οποία.....

40. Το μικρότερο σωματίδιο ύλης που μπορεί να υπάρχει σε ελεύθερη κατάσταση και να διατηρεί τις ιδιότητες της ουσίας στην οποία ανήκει είναι:

α. το άτομο

β. το μόριο

γ. το ιόν

δ. το ηλεκτρόνιο

ε. το πρωτόνιο

41. Να συνδυάσετε τους αριθμούς με τα αντίστοιχα γράμματα:

Χημικό στοιχείο	Ατομικότητα
1. υδρογόνο	α. 1
2. ήλιο	β. 2
3. όζον	γ. 3
4. ατμός σιδήρου	δ. 4
5. φωσφόρος	ε. περισσότερο από μία
6. θείο	
7. χλώριο	

42. Να χαρακτηρίσετε με Σ τις παρακάτω προτάσεις αν είναι σωστές και με Λ αν είναι λανθασμένες:

α. Η ατομικότητα του CO_2 είναι 3.

β. Η ατομικότητα του $^{35}_{17}C$ είναι 17.

γ. Η ατομικότητα του P είναι 4.

δ. Η ατομικότητα του O είναι 8.

Τι εκφράζει ο αριθμός που δίνεται στο τέλος κάθε λανθασμένης πρότασης;

43. Το ανιόν του χλωρίου περιέχει 18 ηλεκτρόνια και 20 νετρόνια. Ο μαζικός του αριθμός θα είναι:

α. 20 β. 37 γ. 38 δ. 35

44. Να διαλέξετε τη σωστή απάντηση στην έκφραση: «Η ταυτότητα ενός ατόμου είναι...»

α. ο μαζικός του αριθμός

β. ο αριθμός των νετρονίων του πυρήνα

γ. ο αριθμός των ηλεκτρονίων που έχει

δ. ο ατομικός αριθμός

ε. η ατομικότητά του.

45. Να διαλέξετε τη σωστή από τις παρακάτω προτάσεις: «Ο ατομικός αριθμός εκφράζει...»

α. το ηλεκτρικό φορτίο του πυρήνα

β. τον αριθμό των νετρονίων του πυρήνα

γ. τον αριθμό των ηλεκτρονίων ενός μονοατομικού ιόντος

δ. τον αριθμό των πρωτονίων στον πυρήνα κάθε ατόμου ενός στοιχείου

ε. τον αριθμό των νουκλεονίων στον πυρήνα ενός ατόμου.

46. Ένα μονοατομικό ιόν με θετικό φορτίο +2 προκύπτει από ένα άτομο όταν...

α. αποβάλλει δύο ηλεκτρόνια

β. προσλάβει δύο ηλεκτρόνια

γ. προσλάβει δύο πρωτόνια

δ. αποβάλλει δύο νετρόνια

ε. προσλάβει δύο νετρόνια.

47. Πόσα πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια περιέχει καθένα από τα επόμενα άτομα:

$^{27}_{13}Al$, $^{14}_{7}N$, $^{235}_{92}U$, $^{56}_{26}Fe$, $^{207}_{82}Pb$

*** 48.** Πόσα πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια περιέχει καθένα από τα επόμενα ιόντα:

$^{27}_{13}Al^{3+}$, $^{39}_{19}K^{+}$, $^{35}_{17}Cl^{-}$, $^{32}_{16}S^{2-}$

49. Ο μαζικός αριθμός στοιχείου Χ είναι 39. Αν δίνεται ότι ο αριθμός των νετρονίων στον πυρήνα του είναι μεγαλύτερος κατά ένα από τον αριθμό των πρωτονίων, να βρείτε τον ατομικό αριθμό του στοιχείου.

50. Το ρουβίδιο (Rb) έχει ατομικό αριθμό 37. Να βρείτε τον μαζικό αριθμό εκείνου του ισοτόπου του ρουβιδίου, στον πυρήνα του οποίου περιέχονται 9 νετρόνια περισσότερα από τα πρωτόνια.

51. Ο παρακάτω πίνακας δίνει τους αριθμούς ηλεκτρονίων, πρωτονίων και νετρονίων σε άτομα ή ιόντα ενός αριθμού στοιχείων. Να απαντήσετε στα:

α. Ποια από τα παρακάτω είναι ουδέτερα;

β. Ποια είναι φορτισμένα θετικά;

γ. Ποια είναι φορτισμένα αρνητικά;

Άτομο ή ιόν	Α	Β	Γ	Δ	Ε	Ζ
Αριθμός e	5	10	28	36	5	9
Αριθμός p	5	7	30	35	5	9
Αριθμός n	5	7	36	46	6	10

52. Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα:

Στοιχείο	Σύμβολο	*Z*	*A*	e^-	p	n
Κάλιο		19	39			
Ιώδιο			127	53		
Υδράργυρος		80				122
Βισμούθιο			209		83	
Ιόν ασβεστίου			40	18		
Ιόν χλωρίου			37	18		
Νέο		10	20			

*** 53.** Χρησιμοποιώντας τον πίνακα 1.4 (σελ. 14) για τη μάζα του πρωτονίου και δεχόμενοι ότι η διάμετρός του είναι $1 \cdot 10^{-15}$ m, να υπολογίσετε την πυκνότητα ενός πρωτονίου σε g/cm^3.

$3{,}2 \cdot 10^{15}$ g/cm^3

54. Το δευτέριο και το τρίτιο είναι τα ονόματα που δόθηκαν στα ισότοπα του υδρογόνου που έχουν αντιστοίχως ένα και δύο νετρόνια στον πυρήνα τους.

α. Να γράψετε το πλήρες χημικό σύμβολο για το δευτέριο και το τρίτιο.

β. Να περιγράψετε τις ομοιότητες και τις διαφορές μεταξύ ενός ατόμου δευτερίου και ενός ατόμου τριτίου.

Καταστάσεις της Ύλης
Ιδιότητες της Ύλης
Φυσικά και Χημικά Φαινόμενα

55. Να αναφέρετε ένα φυσικό και ένα χημικό φαινόμενο που παρατηρήσατε κατά τη διαδρομή σας από το σπίτι στο σχολείο και να εξηγήσετε γιατί το φαινόμενο αυτό είναι φυσικό ή χημικό.

56. Κατά την πραγματοποίηση ορισμένων χημικών φαινομένων ελαττώνεται η εσωτερική ενέργεια του συστήματος στο οποίο εκδηλώνεται αυτό, με αποτέλεσμα να ελευθερώνεται ενέργεια. Να περιγράψετε δύο περιπτώσεις τέτοιων φαινομένων κατά τις οποίες γίνεται εκμετάλλευση της ενέργειας αυτής.

57. Να δώσετε από μία φυσική ιδιότητα, π.χ. φυσική κατάσταση, σημείο τήξης, πυκνότητα, ηλεκτρική αγωγιμότητα, για κάθεμία από τις παρακάτω ουσίες:
α. νερό, β. ζάχαρη, γ. υδράργυρος, δ. χαλκός, ε. οξυγόνο,
στ. χλωριούχο νάτριο, ζ. Χρυσός.

58. Τι μεταβάλλεται κατά την πραγματοποίηση κάθε χημικού φαινομένου;
α. .....
β. .....
γ. .....

59. Να χαρακτηρίσετε τα παρακάτω φαινόμενα ως φυσικά ή χημικά:
α. η καύση του άνθρακα
β. το σάπισμα ενός μήλου
γ. το στέγνωμα της μπογιάς λόγω εξάτμισης του διαλύτη
δ. η εξαέρωση του νερού
ε. η αντίδραση μεταξύ του $^{12}_{6}C$ και του $^{16}_{8}O$ προς σχηματισμό CO_2.

60. Ποιο από τα παρακάτω φαινόμενα είναι χημικό;
α. η διάλυση του αλατιού στο νερό
β. η εξάτμιση του οινοπνεύματος
γ. η εξάχνωση του ιωδίου
δ. το ξίνισμα στο γάλα.

61. Κατά την πραγματοποίηση κάθε φυσικού φαινομένου μεταβάλλεται
α. η σύσταση των σωμάτων που συμμετέχουν σ' αυτό
β. η συνολική μάζα του συστήματος
γ. μία τουλάχιστον από τις μορφές ενέργειας του συστήματος
δ. οι ιδιότητες των σωμάτων που μετέχουν σ' αυτό.

62. Να βρείτε τη σωστή απάντηση:
Όταν το οινόπνευμα (C_2H_5OH) εξατμίζεται,
α. δημιουργούνται νέα μόρια
β. διασπώνται τα άτομα του οξυγόνου
γ. τα μόρια παραμένουν αμετάβλητα
δ. τα μόρια κινούνται λιγότερο από πριν
ε. το μόριο διασπάται στα συστατικά του.

63. Να βρείτε τη σωστή απάντηση:
Τα μόρια του νερού κινούνται πιο γρήγορα:
α. στη στερεά κατάσταση (πάγος)
β. στην αέρια κατάσταση (υδρατμοί)
γ. στην υγρή κατάσταση
δ. το ίδιο σ' όλες τις καταστάσεις.

64. Να μετατρέψετε τις πιο κάτω θερμοκρασίες σε K.
α. 113 ºC, το σημείο τήξης του θείου
β. 37 ºC, η κανονική θερμοκρασία του σώματος του ανθρώπου
γ. 357 ºC, το σημείο βρασμού του υδραργύρου

65. Να μετατρέψετε τις πιο κάτω θερμοκρασίες σε βαθμούς Κελσίου:
α. 77 K, το σημείο βρασμού του υγρού αζώτου
β. 4,2 K, το σημείο βρασμού του υγρού ηλίου
γ. 601 K, το σημείο τήξης του μολύβδου

66. Στην πορεία της προσπάθειας για το χαρακτηρισμό μιας ουσίας, ένας χημικός κάνει τις ακόλουθες παρατηρήσεις:
- Η ουσία είναι ένα αργυρόλευκο γυαλιστερό μέταλλο.
- Τήκεται στους 649 ºC και βράζει στους 1105 ºC.
- Η πυκνότητά της στους 20 ºC είναι 1,738 g/cm^3.
- Η ουσία καίγεται στον αέρα παράγοντας ένα έντονο άσπρο φως.
- Αντιδρά με το χλώριο δίνοντας ένα εύθραυστο άσπρο στερεό.
- Η ουσία μπορεί να διαμερισθεί σε πολύ λεπτά φύλλα.
- Είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού.
- Ποια από τα πιο πάνω χαρακτηριστικά είναι φυσικές και ποια χημικές ιδιότητες;

67. Να διαβάσετε την ακόλουθη περιγραφή του στοιχείου βρωμίου (Br_2) και δείξτε ποιες είναι φυσικές και ποιες χημικές ιδιότητες.
- Το βρώμιο είναι ένα καστανέρυθρο υγρό.
- Βράζει στους 58,9 ºC και πήζει στους – 7,2 ºC.
- Η πυκνότητα του υγρού στους 20ºC είναι 3,12 g/mL.
- Το υγρό βρώμιο εύκολα διαβρώνει τα μέταλλα.
- Αντιδρά ταχύτατα με το αργίλιο δίνοντας βρωμιούχο αργίλιο.

68. Να συμπληρώσετε σωστά την τελευταία στήλη του πίνακα.

ΟΥΣΙΑ	σ. τ. / ºC	σ. β. / ºC	Φυσική κατάσταση στους 25 ºC
Ασβέστιο	850	1487	
Πυρίτιο	1410	2970	
Ψευδάργυρος	420	907	
Νερό	0	100	
Βενζόλιο	5,5	80,1	
Οξικό οξύ	16,6	118	
Βρώμιο	- 7,2	58,9	

Ταξινόμηση της Ύλης
Διαλύματα - Διαλυτότητα

69. Να διαλέξετε τη σωστή απάντηση:
Το αλατόνερο είναι μίγμα, διότι
α. έχει μάζα ίση με το άθροισμα των μαζών των συστατικών του
β. μπορεί να διαχωριστεί στα συστατικά του με εξάτμιση του νερού
γ. έχει πυκνότητα μεγαλύτερη του νερού
δ. βρίσκεται σε υγρή φυσική κατάσταση, όπως το νερό.

70. Σε ποιες από τις παρακάτω περιπτώσεις δε θα σχηματισθεί μίγμα;
α. κατά την προσθήκη ζάχαρης στο νερό
β. κατά την προσθήκη νερού σε λάδι
γ. κατά την ανάμειξη ζεστού με κρύο νερό
δ. κατά το επιφανειακό σκούριασμα του σιδήρου
ε. κατά τη νοθεία της βενζίνης με νερό.

71. Ποια από τις παρακάτω ιδιότητες που αναφέρονται στα ομογενή μίγματα δεν ισχύει;
α. Έχουν μεταβλητή πυκνότητα, που εξαρτάται από την αναλογία με την οποία αναμίχτηκαν τα συστατικά τους.
β. Έχουν ίδια πυκνότητα σε όλα τα σημεία της μάζας τους.
γ. Η πυκνότητά τους ισούται με το άθροισμα των πυκνοτήτων των συστατικών τους.

72. Να γράψετε ποιες από τις παρακάτω ιδιότητες αναφέρονται στα μίγματα και ποιες στις χημικές ενώσεις:
α. Έχουν καθορισμένη σύσταση.
β. Διατηρούν τις ιδιότητες των συστατικών τους.
γ. Μπορεί να αποτελούνται από πολλές φάσεις.
δ. Μπορούν να διαχωριστούν σε απλούστερα σώματα με φυσικές μεθόδους.

73. Να αναπτύξετε τρεις τουλάχιστον διαφορές μεταξύ μιγμάτων και χημικών ενώσεων.

74. Να συμπληρώσετε τις παρακάτω προτάσεις:

α. Καθαρή ουσία είναι.....

β. Μίγμα είναι.....

γ. Ομογενές μίγμα είναι.....

δ. Ετερογενές μίγμα είναι.....

ε. Στοιχείο είναι.....

στ. Χημική ένωση είναι.....

75. Να κατατάξετε τα παρακάτω υλικά σα στοιχεία, χημικές ενώσεις και μίγματα:

α. νερό, β. σίδηρος, γ. μπίρα, δ. ζάχαρη, ε. κρασί,
στ. ατσάλι, ζ. θείο, η. γάλα, θ. αέρας, ι. θειικό οξύ.

76. Με τον όρο καθαρή ουσία, εννοούμε:

α. ένα χημικό στοιχείο,

β. μία χημική ένωση,

γ. κάθε ομογενές κομμάτι ύλης που έχει μία καθορισμένη, σταθερή σύσταση και ένα χαρακτηριστικό και αποκλειστικό σύνολο χημικών και φυσικών ιδιοτήτων,

δ. κάθε οργανική ένωση,

Να διαλέξετε τη σωστή απάντηση.

77. Ο ατμοσφαιρικός αέρας είναι:

α. ένα μίγμα

β. ένα ομογενές μίγμα

γ. ένα διάλυμα

δ. ένα διάλυμα οξυγόνου σε άζωτο

ε. όλα τα παραπάνω

Να διαλέξετε τη σωστή απάντηση.

78. Να συμπληρώσετε τις παρακάτω προτάσεις:

α. Διαλυτότητα μιας ουσίας ονομάζεται.....

β. Η διαλυτότητα μιας ουσίας εξαρτάται από:

I. τη..... του .....

II. τη .....

III. την .....

IV. Ένα διάλυμα λέγεται ακόρεστο .....

V. Ένα διάλυμα λέγεται κορεσμένο .....

79. Να συμπληρώσετε τις πιο κάτω προτάσεις:

α. Διάλυμα ζάχαρης 10% w/w σημαίνει ότι.....

β. Διάλυμα ιωδιούχου καλίου 4% w/v σημαίνει ότι.....

γ. Κρασί 11° (βαθμών) σημαίνει ότι.....

δ. Ο αέρας περιέχει 20% κατ' όγκο (v/v) οξυγόνο σημαίνει ότι.....

80. Διαθέτουμε κορεσμένο διάλυμα CO_2 (διοξείδιο του άνθρακα) θερμοκρασίας 2 ºC. Αν θερμάνουμε το διάλυμα αυτό στους 12 ºC να εξετάσετε:
α. αν θα μεταβληθεί η περιεκτικότητα του διαλύματος και με ποιο τρόπο,
β. αν το διάλυμα των 12 ºC θα είναι κορεσμένο ή ακόρεστο.

81. Να διαλέξετε ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή:
Η διαλυτότητα του AgCl στο νερό είναι ένα μέγεθος που εκφράζει
α. την ελάχιστη ποσότητα του νερού που μπορεί να διαλύσει ορισμένη ποσότητα AgCl
β. τη μάζα σε g του AgCl που περιέχονται σε 100 mL διαλύματος
γ. την ελάχιστη ποσότητα AgCl που μπορεί να διαλυθεί σε ορισμένη ποσότητα νερού
δ. τη μέγιστη ποσότητα του AgCl που μπορεί να διαλυθεί σε ορισμένη ποσότητα νερού.

82. Σε 180 g διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου περιέχονται 9 g καθαρού υδροξειδίου του νατρίου. Να βρείτε την % w/w περιεκτικότητα του διαλύματος.

5% w/w

83. Σε 400 mL διαλύματος υδροχλωρίου (υδροχλωρικό οξύ) περιέχονται διαλυμένα 12 g υδροχλωρίου. Να βρείτε την % w/v περιεκτικότητα του διαλύματος.

3% w/v

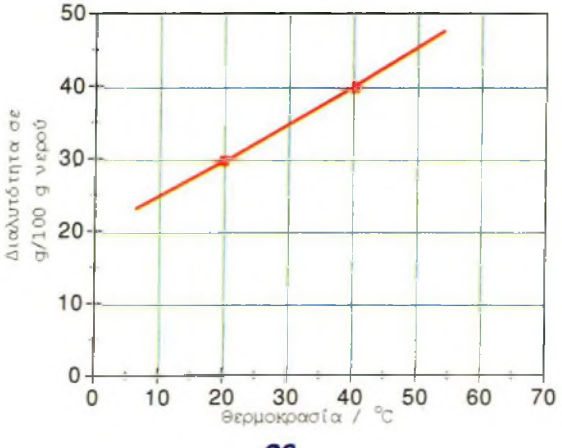
84. Πόσα g καθαρού θειικού οξέος περιέχονται σε 200 g διαλύματος θειικού οξέος περιεκτικότητας 4% w/w;

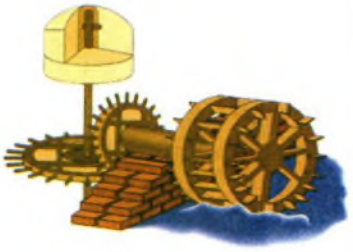
8 g

85. Πόσα g καθαρού νιτρικού οξέος περιέχονται σε 400 mL διαλύματος νιτρικού οξέος περιεκτικότητας 6% w/v;

24 g

* **86.** Δίνεται κορεσμένο διάλυμα ουσίας X στους 40 ºC που έχει μάζα 140 g. Το διάλυμα αυτό ψύχεται στους 30 ºC. Από το διάλυμα αυτό θα αποβληθούν :
α. 15 g ουσίας
β. 5 g ουσίας
γ. καθόλου ουσία
δ. όλη η περιεχόμενη ποσότητα.
Τι συμπεραίνετε για τη φύση της διαλυμένης ουσίας; Να δώσετε εξηγήσεις με τη βοήθεια της παρακάτω γραφικής παράστασης.





Δραστηριότητα

Το ppm και η «κοινή λογική»

Οι συγκεντρώσεις των ρυπαντών στην ορολογία των περιβαλλοντολόγων εκφράζονται συνήθως σε «μέρη στο εκατομμύριο», parts per million, ppm. Έτσι, η συγκέντρωση 1 ppm φανερώνει την παρουσία 1 «μέρους» του ρυπαντή σε 1 000 000 «μέρη» του μέσου. Τα μέρη μπορεί να είναι μέρη βάρους π.χ. g ή μέρη όγκου. Έτσι, π.χ. αναφέρεται ότι 0,2 ppm SO_2 στον αέρα αυξάνει τη θνησιμότητα των ανθρώπων, 1 ppm φαινόλης στο νερό το καθιστά τοξικό σε κάποια είδη ψαριών κλπ.

Καλό θα είναι να έχει κανείς κάποιες αναλογίες στο μυαλό του για το ppm και τις αναλογίες αυτές μπορεί να τις έχει, αν το μεταφέρει σε άλλα πιο καθημερινά μεγέθη.

Στον παρακάτω πίνακα σας ζητείται να βρείτε με τι αντιστοιχεί το ppm σε:

Χρόνος :	1 second	σε ……ημέρες
Χρήμα:	1 δραχμή	σε…….δραχμές
Απόσταση:	1 cm	σε …… μέτρα
Τροφή:	1 κουταλιά αλάτι (6 g)	σε …… Kg σαλάτα
Αγώνες:	1 ελεύθερη βολή στο basket	σε …….αγώνες (μέσος όρος 150 πόντοι)
Επιφάνεια:	1 m^2	σε ……στρέμματα
Όγκος:	1 λίτρο πετρέλαιο	σε…… βαρέλια πετρέλαιο

Αν πολλαπλασιάσετε τα αποτελέσματά σας επί χίλια τότε θα έχετε και την εικόνα του μέρους στο δισεκατομμύριο, ppb.

Απαντήσεις στις ασκήσεις πολλαπλής επιλογής και σωστού λάθους

23. 1000

24. δ

27. (α-4), (β-3), (γ-1), (δ-6), (ε-5), (στ-2)

28. β

29. γ

30. α:Λ, β:Σ, γ:Λ, δ:Λ, ε:Σ

31. δ

38. όχι

40. β

41. (1-β), (2-α), (3-γ), (4-α), (5-δ), (6-ε), (7-β)

42. α:Λ, β:Λ, γ:Σ, δ:Λ

43. β

44. δ

45. δ

46. α

47. Al: 13,14,13
N: 7,7,7
U: 92, 143, 92
Fe: 26, 30, 26
Pb: 82, 125, 82

48. Al^{3+}: 13, 14, 10
K^{+}: 19, 20, 18
Cl^{-}: 17, 18, 18
S^{2-}: 16, 16, 18

49. 19

50. 83

51. ουδέτερα: Α, Ε, Ζ
θετικά: Γ
αρνητικά: Β, Δ

54. Δευτέριο: $^{2}_{1}H$
Τρίτιο: $^{3}_{1}H$

59. Χημικά: α, β, ε
Φυσικά: γ, δ

60. δ

61. γ

62. γ

63. β

64. α: 386K, β: 310K, γ: 630K

65. α: -196°C, β: -268,8°C, γ: 328°C

66. κατά σειρά: Φ, Φ, Φ, Χ, Χ, Φ, Φ

67. κατά σειρά: Φ, Φ, Φ, Χ, Χ

68. Τα τρία πρώτα στερεά και τα τέσσερα επόμενα είναι υγρά

69. β

70. γ

71. γ

72. σε χημική ένωση: α
σε μίγμα: β, γ, δ

75. στοιχεία: β, ζ
χημική ένωση: α, δ, ι
μίγμα: γ, ε, στ, η, θ

76. γ

77. ε

81. δ

86. β, στερεό

1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ

19. Βλέπε θεωρία σελ. 9 και 10.

20. Βλέπε θεωρία α) σελ. 8, β) σελ. 8, γ) σελ. 9.

21. α) ζυγού, β) Ι. προχοΐδας ΙΙ. ογκομετρικού κυλίνδρου.

22. Με το ζυγό υπολογίζουμε τη μάζα. Ο όγκος μπορεί να υπολογισθεί:
α. Σε ογκομετρικό κύλινδρο που περιέχει ορισμένο όγκο νερού ($1^η$ ένδειξη) αφού βυθίσουμε τον κύβο παρατηρούμε αύξηση της στάθμης του νερού ($2^η$ ένδειξη). Η διαφορά των δύο ενδείξεων είναι ο όγκος του κύβου.
β. Με υποδεκάμετρο υπολογίζουμε την ακμή του κύβου, έστω α cm. Άρα ο όγκος του είναι $α^3$ cm^3.
Η πυκνότητα βρίσκεται από την εφαρμογή του τύπου $\rho=m/V$.
Ο δεύτερος τρόπος υπολογισμού του όγκου, άρα και της πυκνότητας είναι πιο ακριβής.

23. 1 g=10^{-3} Kg και 1 cm^3=10^{-6} m^3,
άρα 1 g/cm^3 = 1· 10^{-3}Kg/10^{-6} m^3=10^3 Kg/m^3. Άρα θα πρέπει να πολλαπλασιασθεί με το 1000.

24. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

25. α) υποδεκάμετρο ή μέτρο, β) ζυγό, γ) ογκομετρικό κύλινδρο, δ) χρονόμετρο, ε) μανόμετρο (πιεσόμετρο).

26. α) χρόνος, β) πυκνότητα, γ) μήκος, δ) εμβαδόν επιφανείας, ε) θερμοκρασία, στ) όγκος, ζ) θερμοκρασία, η) μάζα.

27. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

28. $\rho=m/V$ ή ρ=22 g/ 20 mL =1,1 g/mL

29. R=0,12 nm=1,2· 10^{-10} m
$V=4/3\pi R^3=4/3\cdot 3,14(1,2\cdot 10^{-10}\ m)^3$ ή $V=7,2\cdot 10^{-30}\ m^3$ ή πιο απλά μπορούμε να πούμε ότι αφού η ακτίνα είναι της τάξης των 10^{-10} m, ο όγκος θα είναι της τάξης των 10^{-30} m^3 (R^3).

30. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

31. Αφού η σφαίρα είναι κοίλη, ο όγκος της θα είναι

(V-V'), άρα η πυκνότητα θα είναι $\rho = m\,./\,(V-V')$

32. Για το δωμάτιο V=8,5 m· 13,5 m· 2,8 m = 321,3 m^3 = =321,3· 10^3 dm^3
ρ=m/V ή m=ρ.V=1,19 g /dm^3. 321,3 .10^3 dm^3
ή m=382,35· 10^3 g ή m=382,35 Kg.

33. Αφού η διάμετρος είναι 8 mm, η ακτίνα είναι 4 mm δηλαδή 0,4 cm. $V_{κυλ} = \pi R^2 h$=3,14(0,4 cm)^2· 78,3 cm = 39,34 cm^3=39,34 mL. ρ=m/V ή m=ρ· V=13,594 g/mL· 39,34 cm^3=534,76 g.

34. α) 1μg =10^{-6} g και 1 cm^3=10^{-6} m^3.
Άρα 200 μg/cm^3 =200· 10^{-6} g/10^{-6} m^3=200 g/m^3.
β) 1 m^3=10^3 dm, άρα 200 g/m^3=200g/10^3 dm^3 ή 0,2 g/dm^3.
γ) 1 g=10^3 mg, άρα τα 0,2 g/dm^3 είναι 0,2· 10^3 mg/dm^3 ή 200 mg/dm^3.
δ) 1 m^3=$10^6$$cm^3$, άρα τα 200 g/$m^3$=200 g/$10^6$$cm^3$ ή 2· 10^4 g/cm^3.

35. Οι ανάγκες ανά ημέρα θα είναι 300· 10^6 /365 m^3 και επειδή οι κάτοικοι του λεκανοπεδίου είναι 4· 10^6, οι ανάγκες ανά κάτοικο θα είναι(300· 10^6 / 365·4)· 10^6 m^3 ή 0,2055 m^3 ή 205,5 L.

36. R = 6340· 10^3 m.
V=4/3πR^3 = 4/3· 3,14(6340· 10^3 m)^3 = 1,067· 10^{21} m^3.
Άρα $\rho = m/V$ = 6,59· 10^{21} τόνοι/ 1,067· 10^{21} m^3 = 6,16 τόνοι/m^3
Επειδή 1 τόνος = 10^6 g και 1 m^3=$10^6$$cm^3$, η πυκνότητα θα είναι 6,16 g/cm^3.

37. α) Είναι δυνατόν να υπάρξουν 6 είδη μορίων υδρογόνου (H_2). Συγκεκριμένα: ^1H-^1H, ^2H-^2H, ^3H-^3H, ^1H-^2H, ^1H-^3H, ^2H-^3H.
β) Είναι δυνατό να υπάρξουν 3 είδη μορίων χλωρίου (Cl_2). Συγκεκριμένα: ^{35}Cl-^{35}Cl, ^{37}Cl-^{37}Cl, ^{35}Cl-^{37}Cl.
γ) Είναι δυνατό να υπάρξουν 6 είδη μορίων HCl.
Συγκεκριμένα:
^1H-^{35}Cl, ^1H-^{37}Cl, ^2H-^{35}Cl, ^2H-^{37}Cl, ^3H-^{35}Cl, ^3H-^{37}Cl.

38. Είναι λάθος, γιατί οι δομικές μονάδες των ιοντικών ή ετεροπολικών ενώσεων είναι τα ιόντα και σ' αυτές τις χημικές ενώσεις δεν υπάρχει η έννοια του μορίου.

39. Βλέπε θεωρία α) σελ. 11, β) σελ. 11, γ) σελ. 12, δ) σελ. 14, ε) σελ. 15, στ) σελ. 15.

40. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

41. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

42. α) Ο αριθμός 3 δείχνει το συνολικό αριθμό των ατόμων στο μόριο του CO_2.
β) Ο αριθμός 17 είναι ο ατομικός αριθμός του χλωρίου.
γ) Ο αριθμός 8 είναι ο ατομικός αριθμός του οξυγόνου.

43. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

44. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

45. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

46. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

47. Ο αριθμός που βρίσκεται αριστερά και κάτω από το σύμβολο του στοιχείου είναι ο ατομικός αριθμός, δηλαδή ο αριθμός των πρωτονίων του πυρήνα και ταυτοχρόνως στα ουδέτερα άτομα είναι και ο αριθμός των ηλεκτρονίων. Ο αριθμός που βρίσκεται αριστερά και πάνω από το σύμβολο είναι ο μαζικός αριθμός, δηλαδή ο αριθμός των πρωτονίων και νετρονίων του πυρήνα.
Έτσι έχουμε, Al:13 p, 13 e και 27-13=14 n, N: 7 p, 7 e και 14-7=7 n, U: 92 p, 92 e και 235-92=143 n, Fe: 26 p, 26 e και 56-26=30 n, και Pb: 82 p, 82 e και 207-82=125 n.

48. Τα κατιόντα έχουν τόσα ηλεκτρόνια λιγότερα από τα πρωτόνια, όσο είναι το θετικό τους φορτίο, και τα ανιόντα τόσα ηλεκτρόνια περισσότερα από τα πρωτόνια, όσο είναι το αρνητικό τους φορτίο.
Έτσι για τα ιόντα έχουμε, Al: 13 p, 10 e και 27-13=14 n,
K: 19 p, 18 e και 39-19=20 n, Cl: 17 p, 18 e και 35-17=18 n και S: 16 p, 18 e και 32-16=16 n.

49. Αν x ο αριθμός των πρωτονίων τότε (x+1) είναι ο αριθμός των νετρονίων. Επειδή ο μαζικός αριθμός είναι 39, έχουμε ότι x+x+1=39 ή 2x=38 ή x=19. Άρα ο ατομικός αριθμός είναι 19.

50. Αφού το Rb έχει ατομικό αριθμό 37, θα έχει 37 πρωτόνια, άρα (37+9)=46 νετρόνια. Άρα ο μαζικός του αριθμός θα είναι 37+46=83.

51. Ουδέτερα άτομα είναι εκείνα που έχουν ίδιο αριθμό πρωτονίων και ηλεκτρονίων. Φορτισμένα θετικά είναι τα ιόντα που τα πρωτόνια τους είναι περισσότερα από τα ηλεκτρόνια και αρνητικά φορτισμένα είναι τα ιόντα που έχουν ηλεκτρόνια περισσότερα από τα πρωτόνια. Έτσι ουδέτερα είναι τα Α, Ε, Ζ. Θετικά φορτισμένο (κατιόν) είναι το Γ και αρνητικά φορτισμένα (ανιόντα) είναι τα Β και Δ.

52. Για το Κ έχουμε 19 ηλεκτρόνια, 19 πρωτόνια και 20 νετρόνια. Για το Ι ο ατομικός αριθμός είναι 53, άρα ο αριθμός των πρωτονίων είναι 53 και ο αριθμός των νετρονίων είναι 74. Για τον Hg, ο μαζικός αριθμός είναι 202, ο αριθμός των ηλεκτρονίων είναι 80 και των πρωτονίων επίσης 80. Για το Bi ο ατομικός αριθμός είναι 126 και των πρωτονίων 126. Για το ιόν του ασβεστίου (Ca^{2+}) ο ατομικός αριθμός είναι 20, άρα τα πρωτόνια είναι 20 και τα νετρόνια είναι 20. Για το ιόν του χλωρίου (Cl^-) ο ατομικός αριθμός είναι 17, ο αριθμός των πρωτονίων 17 και ο αριθμός των νετρονίων είναι 20. Για το Ne ο αριθμός των ηλεκτρονίων είναι 10, των πρωτονίων 10 και των νετρονίων επίσης 10.

53. Αφού η διάμετρος είναι $1\cdot 10^{-15}$ m η ακτίνα είναι $10^{-15}/2$ m ή $10^{-13}/2$ cm. Θεωρώντας το πρωτόνιο σφαιρικό έχουμε $V=4/3\pi R^3=0{,}523\cdot 10^{-39}$ cm^3. Από τον πίνακα έχουμε για το πρωτόνιο ότι $m=1{,}67\cdot 10^{-24}$ g. Άρα $\rho=m/V$ δηλαδή $\rho = (1{,}67\cdot 10^{-24}\,g) / (0{,}523\cdot 10^{-39}\,cm^3) = 3{,}2\cdot 10^{15}\,g/cm^3$.

54. α) δευτέριο: ${}_1^2H$ και τρίτιο ${}_1^3H$. Είναι άτομα του ίδιου στοιχείου δηλαδή έχουν τον ίδιο αριθμό πρωτονίων στον πυρήνα τους (Z=1). Διαφέρουν στον αριθμό των νετρονίων, αφού το δευτέριο έχει 1 νετρόνιο και το τρίτιο 2 νετρόνια, άρα έχουν διαφορετικό μαζικό αριθμό. Διαφέρουν επίσης στη μάζα των ατόμων τους.

55. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε:
Φυσικό φαινόμενο είναι η κίνηση του αυτοκινήτου (δεν έχουμε αλλαγή στη σύσταση των ουσιών) και χημικό φαινόμενο είναι η καύση της βενζίνης στον κινητήρα του αυτοκινήτου (μετατροπή των υδρογονανθράκων σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό).

56. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε:
Την καύση της βενζίνης στον κινητήρα των αυτοκινήτων κατά την οποία μετατρέπεται η χημική ενέργεια σε κινητική ενέργεια και την καύση του πετρελαίου στο καλοριφέρ, όπου μετατρέπεται η χημική ενέργεια σε θερμότητα.

57. Ενδεικτικά μπορούμε να αναφέρουμε:
α) Το σημείο βρασμού του νερού είναι 100 °C σε εξωτερική πίεση 1 atm.
β) Η ζάχαρη είναι ευδιάλυτη στο νερό.
γ) Ο υδράργυρος είναι υγρό μέταλλο στη συνήθη θερμοκρασία.
δ) Ο χαλκός είναι ηλεκτρικά αγώγιμος.
ε) Το οξυγόνο είναι αέριο στη συνήθη θερμοκρασία.
στ) Το χλωρισύχο νάτριο είναι ευδιάλυτο στο νερό.
ζ) Ο χρυσός είναι στερεός στη συνήθη θερμοκρασία.

58. α) η σύσταση των ουσιών, β) οι ιδιότητες των ουσιών, γ) η φύση των μορίων τους.

59. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

60. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

61. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

62. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

63. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

64. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

65. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

66. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

67. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

68. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

69. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

70. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

71. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

72. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

73. α)Οι χημικές ενώσεις έχουν καθορισμένη σύσταση, ενώ τα μίγματα όχι.
β) Οι χημικές ενώσεις αποτελούνται από ένα είδος μορίων, ενώ τα μίγματα από δύο είδη μορίων τουλάχιστον.
γ) Οι χημικές ενώσεις έχουν καθορισμένες φυσικές σταθερές, ενώ τα μίγματα μεταβαλλόμενες ανάλογα με την κάθε φορά σύστασή τους.

74. Βλέπε θεωρία παράγ. 1.5.

75. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

76. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

77. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

78. Βλέπε θεωρία παράγ. 1.5

79. α) Στα 100 g διαλύματος περιέχονται 10 g ζάχαρης (διαλυμένη ουσία).
β) Στα 100 mL διαλύματος περιέχονται 4 g ιωδιούχου καλίου (διαλυμένη ουσία).
γ) Στα 100 mL κρασιού (διάλυμα) περιέχονται 11 mL αιθανόλης (διαλυμένη ουσία).
δ) Σε 100 όγκους αέρα (διάλυμα -μίγμα) περιέχονται 20 όγκοι οξυγόνο. Η αναλογία είναι δυνατόν να εκφράζεται σε οποιαδήποτε μονάδα όγκου, mL, L, m^3.

80. Με την αύξηση της θερμοκρασίας μειώνεται η διαλυτότητα των αερίων στα υγρά. Άρα μέρος του CO_2 που στους 2 °C ήταν διαλυμένο, στους 12 °C δεν θα διαλύεται πλέον και συνεπώς αυτό θα έχει μικρότερη περιεκτικότητα. Το διάλυμα στους 12 °C θα είναι και αυτό κορεσμένο με μικρότερη βέβαια περιεκτικότητα μια και η διαλυτότητα είναι μικρότερη.

81. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

82. Στα 180 g του διαλύματος περιέχονται 9 g διαλυμένης ουσίας. Άρα στα 100 g θα περιέχονται (9·100/180)=5 g. Το διάλυμα είναι λοιπόν 5% w/w.

83. Στα 100 mL του διαλύματος θα περιέχονται (12·100/400) = 3 g. Το διάλυμα λοιπόν είναι 3% w/v.

84. Περιέχονται (4/100)·200 g = 8 g θειικού οξέος.

85. Περιέχονται (6/100)·400 g = 24 g νιτρικού οξέος.

86. Από την γραφική παράσταση παρατηρούμε ότι η διαλυτότητα της ουσίας Χ στους 40 °C είναι 40 g ουσίας ανά 100 g νερού. Αφού το διάλυμα είναι κορεσμένο στους 40 °C θα έχει μάζα 100 + 40 =140 g. Όταν το διάλυμα ψυχθεί στους 30 °C στους οποίους η διαλυτότητα της ουσίας Χ, όπως φαίνεται από το διάγραμμα, είναι 35 g ουσίας στα 100 g νερού. Άρα θα αποβληθούν 5 g ουσίας Χ κατά την ψύξη και το νέο διάλυμα θα έχει μάζα 135 g.

Παρατηρούμε από τη γραφική παράσταση ότι σε μεγαλύτερη θερμοκρασία έχουμε μεγαλύτερη διαλυτότητα, γεγονός που παρατηρείται στα διαλύματα των στερεών ουσιών στο νερό.

2

ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ - ΔΕΣΜΟΙ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

2.1 Ηλεκτρονική δομή των ατόμων
2.2 Κατάταξη των στοιχείων (Περιοδικός Πίνακας). Χρησιμότητα του Περιοδικού Πίνακα
2.3 Γενικά για το χημικό δεσμό- Παράγοντες που καθορίζουν τη χημική συμπεριφορά του ατόμου. Είδη χημικών Δεσμών (Ιοντικός- Ομοιοπολικός)
2.4 Η γλώσσα της χημείας. Αριθμός οξείδωσης. Γραφή χημικών τύπων και εισαγωγή στην ονοματολογία των ενώσεων
Ερωτήσεις - προβλήματα

« Πάντα είναι πάρα πολύ ενδιαφέρον να βλέπει κανείς να μπαίνει τάξη σε μια μάζα δεδομένων. Το περιοδικό σύστημα ήταν υπέρτατο παράδειγμα τέτοιας τάξης.»

« Κανένας μας δεν μπορεί να καταλάβει τη συμπεριφορά ενός μορίου μέχρις ότου μάθει τη δομή του, δηλαδή το μέγεθος, το σχήμα και τη φύση των δεσμών του.
Τα τελευταία χρόνια εξαίρετες πειραματικές τεχνικές μας έχουν προσφέρει ένα καταπληκτικά μεγάλο αριθμό πληροφοριών ακριβώς πάνω σ' αυτά τα θέματα. Η δουλειά της θεωρίας είναι να κατατάξει και να συστηματοποιήσει όλες αυτές τις πληροφορίες και να εμβαθύνει στις αρχές της μοριακής αρχιτεκτονικής»

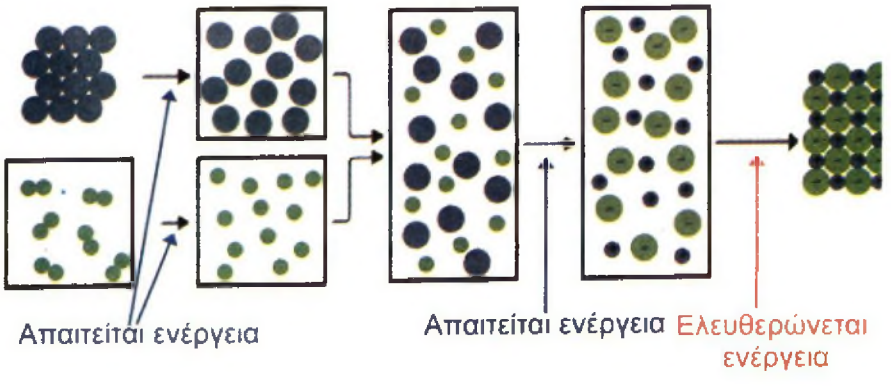
C.A. COULSON

ΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Στο τέλος αυτής της διδακτικής ενότητας θα πρέπει να μπορείς:

- Να περιγράφεις ένα μοντέλο (πρότυπο) για το άτομο.
- Να εξιστορείς την εξέλιξη καθώς και την ανάγκη ταξινόμησης των στοιχείων στον περιοδικό πίνακα.
- Να περιγράφεις το σύγχρονο περιοδικό πίνακα. Να ορίζεις τι είναι ομάδα και τι περίοδος και να απαριθμείς αυτές. Να αναφέρεις παραδείγματα στοιχείων, εντοπίζοντας τη θέση τους στον περιοδικό πίνακα.
- Να αναγνωρίζεις την αρχή που δομείται το σύγχρονο περιοδικό πίνακα και να τη συνδέεις με τη λογική της ηλεκτρονιακής δόμησης των ατόμων. Κατ' επέκταση να συνδέεις τη χημική συμπεριφορά ενός στοιχείου με τη θέση του στοιχείου στον περιοδικό πίνακα.
- Να ορίζεις τι είναι χημικός δεσμός και να ταξινομείς τους χημικούς δεσμούς σε κατηγορίες. Να διακρίνεις τις διαφορές μεταξύ του ομοιοπολικού και ιοντικού δεσμού και να συνδέεις τις διαφορές αυτές με τις αντίστοιχες ιδιότητες των ομοιοπολικών και ιοντικών ενώσεων.
- Να ορίζεις τι είναι αριθμό οξείδωσης και να υπολογίζεις τον αριθμό οξείδωσης ενός στοιχείου σε μια ένωση.
- Να γράφεις τους ηλεκτρονιακούς τύπους ορισμένων απλών μορίων.
- Να μιλάς και να γράφεις τη γλώσσα της χημείας των ανόργανων ενώσεων.

Χημικός δεσμός αναπτύσσεται μεταξύ ατόμων, όταν η σύνδεση των ατόμων συνοδεύεται από έκλυση ενέργειας ή τουλάχιστον δε χρειάζεται πολλή ενέργεια για να γίνει αυτή. Ο σχηματισμός μιας ιοντικής ένωσης, όπως το $NaCl_{(s)}$ από στερεό $Na_{(s)}$ και αέριο $Cl_{2(g)}$ μπορεί να υποδιαιρεθεί στα εξής επί μέρους στάδια. Πρώτα, πρέπει να σχηματιστούν τα άτομα Na, δηλαδή να σπάσει ο μεταλλικός δεσμός (εδώ χρειάζεται ενέργεια). Μετά, να σχηματιστούν τα άτομα Cl, δηλαδή να σπάσει ο δεσμός Cl-Cl (κι εδώ χρειάζεται ενέργεια). Κατόπιν, να φύγει ένα ηλεκτρόνιο από τα άτομα Na και να σχηματιστούν ιόντα Na^+ (χρειάζεται ενέργεια γι' αυτό). Έπειτα, να προσληφθεί ένα ηλεκτρόνιο από τα άτομα Cl και να σχηματιστούν ιόντα Cl^- (ελευθερώνεται λίγη ενέργεια). Τέλος, τα ιόντα Na^+ και Cl^- συνδέονται στον κρύσταλλο τους. Η ενέργεια που ελευθερώνεται στο τελευταίο αυτό βήμα πρέπει να φτάσει να καλύψει όλα τα προηγούμενα ενεργειακά «έξοδα». Διαφορετικά, ο ιοντικός δεσμός είναι αδύνατος. Στην περίπτωση σχηματισμού του $NaCl_{(s)}$ συνολικά ελευθερώνεται ενέργεια, δηλαδή ο ιοντικός δεσμός οδηγεί το σύστημα σε χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη συνεπώς, σε μεγαλύτερη σταθερότητα.



2 ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ - ΔΕΣΜΟΙ

Εισαγωγή

Στο πρώτο κεφάλαιο γνωρίσαμε την ύλη σαν «δάσος», από μακριά, μακροσκοπικά. Τώρα είναι ώρα να διακρίνουμε το «δέντρο», τη βασική δηλαδή μονάδα του «δάσους-ύλης». Και αυτό δεν είναι άλλο από το *άτομο* και το σταθερό σύμπλεγμα των ατόμων που είναι το *μόριο*. Θα έλεγε κανείς ότι το περιεχόμενο του κεφαλαίου που ακολουθεί συνοψίζεται στις λέξεις *η δομή της ύλης*.

Ξεκινά λοιπόν κανείς από τη δομή του ατόμου δίνοντας την πρώτη κατά Bohr - Rutherford προσέγγιση του πλανητικού προτύπου με τις ηλεκτρονιακές στιβάδες και τις κατανομές ηλεκτρονίων σ' αυτές. Μην ξεχνάμε ότι πριν από την ανάπτυξη της *κυματομηχανικής* πολλά φαινόμενα μπόρεσαν να ερμηνευθούν με τις ηλεκτρονιακές κατανομές κατά Bohr και τα ηλεκτρόνια της *εξώτατης στιβάδας*.

Στη συνέχεια αναφέρεται η σπουδαιότερη ίσως έμμεση απόδειξη της ηλεκτρονιακής δομής των ατόμων – στοιχείων, που είναι *ο περιοδικός πίνακας*. Το ιστορικό της ανακάλυψης, της συμπλήρωσης (που είναι ίσως ακόμη «ανοικτή») και της ερμηνείας του αποτελούν βασικές γνώσεις για τη διαμόρφωση της χημικής σκέψης.

Ακολουθεί το κεντρικότερο θέμα στη μελέτη της χημείας, που είναι η απάντηση στο θεμελιακό ερώτημα: *γιατί και πώς ενώνονται τα στοιχεία*; Η απάντηση δίνεται στους *χημικούς δεσμούς*. Η θεωρία των «οκτώ» δίνει μία πρώτη προσέγγιση στο γιατί, και οι *ηλεκτρικής φύσης δυνάμεις* απαντά στο πώς. Δυνάμεις που οδηγούν στη δημιουργία ενός σταθερού και μικρής ενέργειας συγκροτήματος (π.χ. *μόριο*). Τα *είδη των δεσμών* και οι *ιδιότητες* που το είδος του δεσμού επιβάλλει στις ενώσεις, πρέπει να είναι ένα από τα κεντρικά σημεία της συζήτησης. Σημαντικό επίσης είναι να μπορεί κανείς να προβλέψει το είδος του χημικού δεσμού που θα προκύψει με βάση κάποια χαρακτηριστικά των συνδεομένων ατόμων.

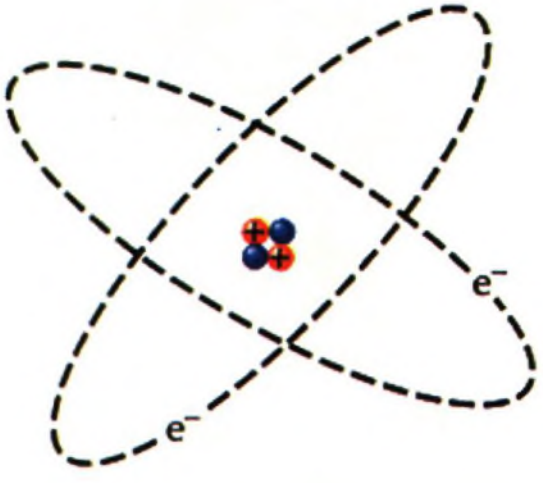
Το κεφάλαιο κλείνει με μία εφαρμογή θα έλεγε κανείς της ηλεκτρονιακής θεωρίας, που είναι η γραφή των *χημικών τύπων*. Η ηλεκτρονιακή θεωρία προβλέπει π.χ. αν ένα άτομο νατρίου ενώνεται με ένα άτομο χλωρίου. Πώς όμως αυτό μεταφράζεται στη γραφή του τύπου του *χλωριούχου νατρίου* (NaCl); Γιατί γράφουμε H_2O και όχι HO_2; Πώς αυτή η *ενωτική ικανότητα των στοιχείων* - κατά παλαιότερη έκφραση - εκφράζεται και βοηθά στην αναγραφή των χημικών τύπων των ενώσεων, χωρίς την ανάγκη αναφοράς ηλεκτρονικών δομών; Έτσι, με τους *αριθμούς οξείδωσης* η γλώσσα της χημείας αποκτά την «ορθογραφία»της ...

2.1 Ηλεκτρονική δομή των ατόμων

Ένα απλό μοντέλο για το άτομο

Μην ξεχνάμε ότι τα πάντα αποτελούνται από άτομα. Ένα κομμάτι μέταλλο ή ένας κόκκος αλατιού ή μία σταγόνα νερού δεν είναι παρά στοιβαγμένα άτομα διαταγμένα με τέτοιο τρόπο, ώστε να προδιαγράφουν με ένα μοναδικό τρόπο τις ιδιότητες του κάθε σώματος. Γι' αυτό και το ενδιαφέρον για τη διερεύνηση του ατόμου έχει μείνει αμείωτο εδώ και χιλιάδες χρόνια, από την εποχή του Δημόκριτου μέχρι σήμερα. Τα βραβεία Νόμπελ χημείας 1998, αφορούσαν για μία ακόμα φορά τη μελέτη της ατομικής δομής. Οι σύγχρονες αντιλήψεις γύρω από το άτομο είναι βασισμένες στις αρχές της κβαντομηχανικής, μιας μηχανικής φτιαγμένης στα μέτρα του απειροελάχιστου κόσμου των ατόμων. Όμως, οι αντιλήψεις αυτές έχουν μία πολυπλοκότητα που δύσκολα καμιά φορά μπορεί να παρακολουθήσει ακόμα και ο ειδικός.

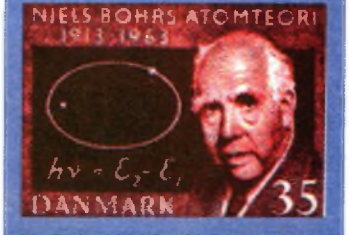
Μία πολύ απλή εικόνα σχετικά με το άτομο, ξεπερασμένη βέβαια σήμερα, μας έχει δώσει ο Bohr, εμπνευσμένος από τη βαρύτητα και αξιοποιώντας τα πειραματικά δεδομένα του Rutherford για την ανακάλυψη του πυρήνα. Το ατομικό πρότυπο του Bohr αποτελεί μία μινιατούρα πλανητικού συστήματος. Το άτομο αποτελείται από τον πυρήνα, που περιέχει τα θετικά φορτισμένα πρωτόνια και τα ουδέτερα νετρόνια. Στον πυρήνα είναι πρακτικά συγκεντρωμένη η μάζα του ατόμου. Γύρω από τον πυρήνα και σε αρκετά μεγάλες αποστάσεις κινούνται σε ***καθορισμένες (επιτρεπτές) τροχιές*** τα ηλεκτρόνια. Τα ηλεκτρόνια που κινούνται στην ίδια περίπου απόσταση από τον πυρήνα λέμε ότι βρίσκονται στην ίδια ***στιβάδα ή φλοιό ή ενεργειακή στάθμη***.



ΣΧΗΜΑ 2.1 Το πλανητικό ατομικό μοντέλο

Όταν τα άτομα δεν είναι σε διέγερση, τα ηλεκτρόνιά τους κατανέμονται σε επτά το πολύ στιβάδες, τις K, L, M, N, O, P, και Q. Κάθε στιβάδα χα-

Ο Δημόκριτος(460-370π.Χ) διετύπωσε την άποψη ότι η ύλη αποτελείται από πολύ μικρά σωματίδια που δεν μπορούν να διαιρεθούν σε άλλα απλούστερα. Τα σωματίδια αυτά ονόμασε ατόμους (άτομα).



N. Bohr (1885-1965).
Δανός φυσικός διετέλεσε διευθυντής στο ινστιτούτο θεωρητικής φυσικής στην Κοπεγχάγη. Τιμήθηκε με το βραβείο Νόμπελ φυσικής το 1922 για την θεωρία του περί κβαντισμένων (καθορισμένων) ηλεκτρονικών τροχιών.
Είχε πει για τον 20ο αιώνα: «Σε όλη την ιστορία των επιστημών δεν υπάρχει άλλη περίοδος αντίστοιχη του αιώνα μας, όπου η εξερεύνηση του κόσμου των ατόμων ήταν η απαρχή τεράστιων εξελίξεων. Ωστόσο, κάθε αύξηση των γνώσεών μας και της δύναμής μας αυξάνει αυτομάτως την ευθύνη μας».

ρακτηρίζεται από έναν αριθμό που συμβολίζεται με n και ονομάζεται ***κύριος κβαντικός αριθμός***.

Για $n = 1$ έχουμε την πλησιέστερη προς τον πυρήνα στιβάδα, την Κ, για $n = 2$ έχουμε τη στιβάδα L, κλπ. Όσο απομακρυνόμαστε από τον πυρήνα, τόσο αυξάνεται η ενεργειακή στάθμη της στιβάδας. Δηλαδή,

$$E_K < E_L < E_M < \ \ldots$$

Το ερώτημα που πολλές φορές τίθεται είναι ποιό ατομικό πρότυπο θα πρέπει να ακολουθήσουμε; Η απάντηση στο ερώτημα αυτό είναι ότι εξαρτάται... Εξαρτάται από τη χρήση που κάνουμε. Για παράδειγμα, στα πλαίσια της ύλης της Α΄ Λυκείου το μοντέλο του Bohr φτάνει. Εξάλλου η ατομική θεωρία του Dalton, παρά την απλότητά της, κατέχει κυρίαρχη θέση, καθώς αποτελεί τη βάση των διαφόρων χημικών υπολογισμών (προσδιορισμοί σχετικών ατομικών, μοριακών μαζών, στοιχειομετρικοί υπολογισμοί, κλπ.) που θίγονται στο κεφάλαιο 4. Στη θεωρία αυτή (ατομική θεωρία του Dalton) εστιάστηκαν οι χημικοί του 19ου αιώνα για να οικοδομήσουν τη χημική επιστήμη.

Τα βασικά σημεία της **ατομικής θεωρίας του Dalton** είναι:
- Οι καθαρές ουσιές (στοιχεία ή χημικές ενώσεις) αποτελούνται από μικροσκοπικά, αόρατα και αδιαίρετα σωματίδια, τα άτομα.
- Τα άτομα του ίδιου στοιχείου είναι όμοια. Άτομα διαφορετικών στοιχείων διαφέρουν ως προς το βάρος τους.
- Τα άτομα των στοιχείων συνδυάζονται μεταξύ τους με απλές αναλογίες (π.χ. 1:1, 1:2, 1:3), ώστε να σχηματίσουν χημικές ενώσεις (στοιχειομετρία χημικών ενώσεων).

Κατανομή ηλεκτρονίων σε στιβάδες

Για τη διάταξη των ηλεκτρονίων σε στιβάδες (ηλεκτρονιακή δομή) ακολουθούμε τους εξής κανόνες:

1. Ο ***μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων*** που μπορεί να πάρει κάθε μία από τις τέσσερις πρώτες στιβάδες δίνεται από τον τύπο $\mathbf{2n^2}$, όπου $\boldsymbol{n}$ ο κύριος κβαντικός αριθμός, δηλαδή ο αριθμός της στιβάδας. Έτσι η Κ μπορεί να πάρει έως 2 ηλεκτρόνια, η L έως 8 ηλεκτρόνια, η Μ έως 18 ηλεκτρόνια και η Ν έως 32 ηλεκτρόνια.

2. Η τελευταία στιβάδα οποιουδήποτε ατόμου δεν μπορεί να έχει περισσότερα από 8 ηλεκτρόνια. Εκτός αν είναι η Κ που συμπληρώνεται με 2 ηλεκτρόνια.

3. Η προτελευταία στιβάδα δεν μπορεί να περιέχει περισσότερα από 18 ηλεκτρόνια, αλλά ούτε και λιγότερα από 8. Εκτός αν είναι η Κ που έχει το πολύ 2.

Με βάση τους παραπάνω κανόνες, μπορούμε να βρούμε την κατανομή των ηλεκτρονίων στα 20 πρώτα στοιχεία. (ατομικός αριθμός 1-20), όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.1.

Παράδειγμα 2.1

Να κατανεμηθούν τα 19 ηλεκτρόνια του ατόμου του καλίου (Κ) σε στιβάδες.

ΛΥΣΗ

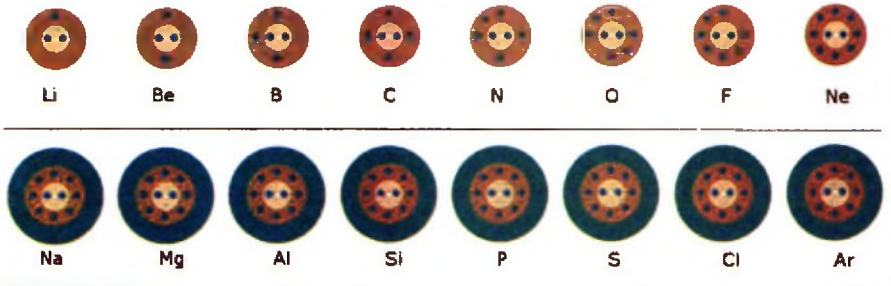
Πρώτα συμπληρώνεται η στιβάδα Κ με 2 ηλεκτρόνια και στη συνέχεια η στιβάδα L με 8 ηλεκτρόνια. Απομένουν 9 ηλεκτρόνια. Η κατανομή όμως 2,8,9 δεν υπακούει στον κανόνα «η εξωτερική στιβάδα δε μπορεί να έχει περισσότερα από 8 ηλεκτρόνια». Έτσι, η ηλεκτρονιακή δομή του καλίου γίνεται (2,8,8,1).

Εφαρμογή

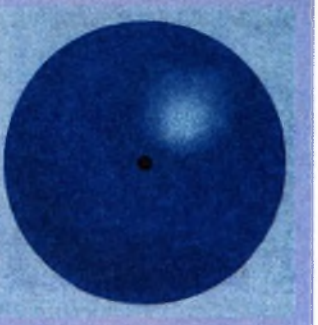
Να βρεθεί και να ερμηνευθεί η ηλεκτρονιακή δομή του $_{17}Cl$

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 Κατανομή ηλεκτρονίων σε στιβάδες στα στοιχεία με ατομικό αριθμό Z =1-20

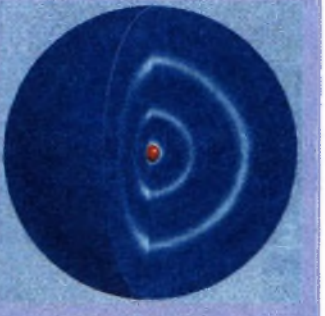
Z	στοιχείο		K	L	M	N
1	H	υδρογόνο	1			
2	He	ήλιο	2			
3	Li	λίθιο	2	1		
4	Be	βηρύλλιο	2	2		
5	B	βόριο	2	3		
6	C	άνθρακας	2	4		
7	N	άζωτο	2	5		
8	O	οξυγόνο	2	6		
9	F	φθόριο	2	7		
10	Ne	νέο	2	8		
11	Na	νάτριο	2	8	1	
12	Mg	μαγνήσιο	2	8	2	
13	Al	αργίλιο	2	8	3	
14	Si	πυρίτιο	2	8	4	
15	P	φώσφορος	2	8	5	
16	S	θείο	2	8	6	
17	Cl	χλώριο	2	8	7	
18	Ar	αργό	2	8	8	
19	K	κάλιο	2	8	8	1
20	Ca	ασβέστιο	2	8	8	2



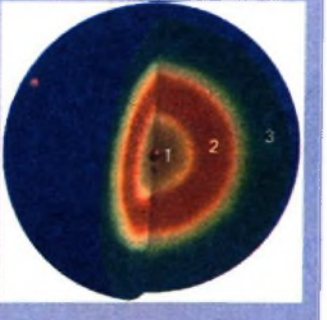
ΣΧΗΜΑ 2.2 Διαγραμματική απεικόνιση της κατανομής των ηλεκτρονίων σε στιβάδες (φλοιούς). Η ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων, όπως φαίνεται στο σχήμα, εμφανίζει μια περιοδικότητα η οποία τελικά εκφράζεται στον περιοδικό πίνακα.



Το ατομικό πρότυπο του Rutherford: η μάζα του ατόμου είναι συγκεντρωμένη σε ένα πολύ μικρό χώρο, τον πυρήνα. Τα ηλεκτρόνια διευθετούνται γύρω από τον πυρήνα με ακαθόριστο τρόπο.



Το ατομικό πρότυπο του Bohr: Σ΄ αντίθεση με το ασταθές πρότυπο του Rutherford, τα ηλεκτρόνια κινούνται σε καθορισμένες (επιτρεπτές) τροχιές. Η ιδέα της επιτρεπτής τροχιάς και κατ΄ επέκταση της ηλεκτρονιακής στιβάδας (ή φλοιού) βασίζεται στις αντιλήψεις του Bohr.



Εικονική παρουσίαση των ηλεκτρονιακών στιβάδων ή φλοιών.

2.2 Κατάταξη των στοιχείων (Περιοδικός Πίνακας) Χρησιμότητα του Περιοδικού Πίνακα

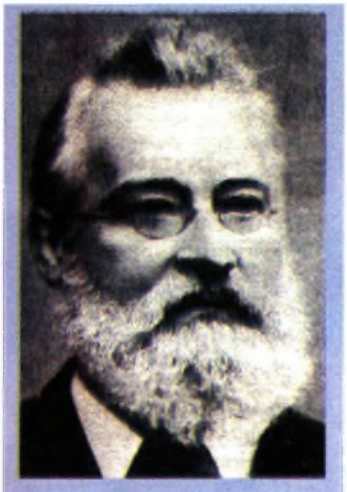
Περιοδικός Πίνακας των στοιχείων

Ο περιοδικός πίνακας είναι αναμφισβήτητα μία από τις σπουδαιότερες έννοιες της χημείας. Αποτελεί απόδειξη ότι τα χημικά στοιχεία δεν είναι ένα συνονθύλευμα ουσιών, αλλά αντίθετα τα στοιχεία εκδηλώνουν γενικές τάσεις και συγκροτούν οικογένειες με παραπλήσιες ιδιότητες. Η γνώση του περιοδικού πίνακα είναι απαραίτητη σ' εκείνον που θέλει να κατανοήσει τον κόσμο, να δει τον τρόπο με τον οποίο έχει κατασκευαστεί από τους θεμελιώδεις δομικούς λίθους της χημείας, τα χημικά στοιχεία.

Ο σημερινός περιοδικός πίνακας είναι αποτέλεσμα πολλών προσπαθειών. Αξίζει να αναφερθούμε στην προσπάθεια του Άγγλου χημικού Newlands, ο οποίος το1864 πρότεινε να ταξινομηθούν τα στοιχεία κατά οκτάβες. Η βάση για την ταξινόμησή του ήταν η παρατήρηση ότι, αν τα στοιχεία καταταχθούν κατά αυξανόμενη σχετική ατομική μάζα (ατομικό βάρος), κάθε όγδοο στοιχείο παρουσιάζει ανάλογες ιδιότητες με το πρώτο. Κάθε όγδοο στοιχείο δηλαδή παρουσιάζει μίαν αρμονία, κάνοντας έτσι έναν ατυχή παραλληλισμό με τη μουσική κλίμακα (αρμονικές σχέσεις παρουσιάζονται κάθε οκτώ βήματα). Τον ίδιο χρόνο, το 1864, ο Γερμανός Meyer έδειξε ότι υπάρχει μία περιοδική σχέση μεταξύ των ιδιοτήτων των στοιχείων π.χ. του ατομικού όγκου και της σχετικής ατομικής μάζας.

Πολύ πιο μακριά, στην Αγία Πετρούπολη, την ίδια εποχή ο Ρώσος χημικός Mendeleev επικέντρωσε την προσοχή του στο θέμα της συγκρότησης του περιοδικού πίνακα, αγνοώντας όσα είχε επιτύχει ο Meyer. Ο Mendeleev κατατάσσοντας τα στοιχεία κατ' αυξανόμενη σχετική ατομική μάζα και έχοντας τη διορατικότητα να αφήνει ***κενές θέσεις*** (για τα στοιχεία που δεν είχαν ακόμα ανακαλυφθεί), και κάνοντας κάποιες διορθώσεις όσον αφορά στη σειρά ταξινόμησης (γνωστό ως ***μειονέκτημα των αναστροφών ή πρωθύστερων***), έφτασε το1869 σε μια ορθογώνια διάταξη, που μοιάζει με το σύγχρονο περιοδικό πίνακα. Έτσι δημιουργήθηκε από τον Mendeleev ο πρώτος πίνακας ταξινόμησης των 63 γνωστών για την εποχή εκείνη στοιχείων.

Ο σύγχρονος περιοδικός πίνακας έχει απαλλαγεί από την «τυραννία» του ατομικού βάρους. Τα στοιχεία δεν κατατάσσονται πια σε σχέση με τη μάζα αλλά με βάση τον ατομικό αριθμό (Z). Ο ατομικός αριθμός εκφράζει και τον αριθμό των ηλεκτρονίων του ατόμου και συνεπώς καθορίζει την ηλεκτρονιακή δομή, η οποία με τη σειρά της διαμορφώνει (όπως θα δούμε στην ενότητα των «χημικών δεσμών») τη χημική συμπεριφορά του στοιχείου. Έτσι, η περιοδικότητα στην ηλεκτρονιακή δομή (βλέπε σχήμα 2.2) αντανακλάται στην περιοδικότητα των ιδιοτήτων των στοιχείων. Όμως δεν πρέπει να μας ξεφεύγει ότι ο σημερινός περιοδικός πίνακας είναι προϊόν των «μουσικών» οκτάβων του Newlands, των ρυθμών του Meyer και της διορατικότητας του Mendeleev.



Ο **Newlands** αντιμετώπισε πολλές φορές το χλευασμό των συναδέλφων του «Πώς μπορούν τα θεμέλια της φύσης να συσχετίζονται με την αρμονία της φύσης; Διέκρινε ο Μότσαρτ χημικούς συνδυασμούς όταν συνέθετε; ή ο Χάυντ παρασκεύαζε ελιξίρια για να γαληνεύει τα αυτιά; Γιατί δεν προσπαθεί ο κύριος Newlands να ταξινομήσει τα στοιχεία, ας πούμε, με αλφαβητική σειρά;»

Ο Γερμανός χημικός **Lothar Meyer** (1830-1895) ανακάλυψε ότι, αν παραστήσει κανείς γραφικά τον ατομικό όγκο σε σχέση με τη σχετική ατομική μάζα, αναδύεται ένας ρυθμός. Έτσι, αποκάλυψε μία περιοδικότητα στις ιδιότητες των στοιχείων. Στην έννοια του σχετική ατομική μάζα θα αναφερθούμε στο 4° κεφάλαιο.

Το 1913 ο Moseley έδωσε το σημερινό τρόπο ταξινόμησης των στοιχείων στον περιοδικό πίνακα κατά σειρά αυξανόμενου ατομικού αριθμού (Z). Ο Moseley έγραψε: «Υπάρχει στο άτομο μία θεμελιώδης ποσότητα που αυξάνεται κανονικά από στοιχείο σε στοιχείο. Η ποσότητα αυτή είναι το θετικό ηλεκτρικό φορτίο. Ο αριθμός των θετικών φορτίων του πυρήνα είναι ίδιος με τον αύξοντα αριθμό που έχει το στοιχείο στον περιοδικό πίνακα.» Έτσι διαμορφώθηκε ο σύγχρονος περιοδικός νόμος:

➢ *Οι ιδιότητες των στοιχείων είναι περιοδικές συναρτήσεις του ατομικού αριθμού.*

Οι ομάδες, οι περίοδοι και τα κοινά χαρακτηριστικά τους

Μία σύγχρονη μορφή περιοδικού πίνακα (βλέπε σελίδα 53) δομείται από οριζόντιες σειρές (περίοδοι) και κατακόρυφες στήλες (ομάδες).

➢ *Κάθε οριζόντια σειρά καταλαμβάνεται από στοιχεία που τα άτομά τους έχουν «χρησιμοποιήσει» τον ίδιο αριθμό στιβάδων για την κατανομή των ηλεκτρονίων τους. Οι οριζόντιες αυτές σειρές του πίνακα ονομάζονται περίοδοι. Ο αριθμός μάλιστα της περιόδου στην οποία ανήκει το στοιχείο, δείχνει τον αριθμό των στιβάδων στις οποίες έχουν κατανεμηθεί τα ηλεκτρόνιά του.*

Όπως φαίνεται στον περιοδικό πίνακα (σελίδα 53), συνολικά υπάρχουν επτά περίοδοι. Η πρώτη περίοδος περιλαμβάνει δύο μόνο στοιχεία, των οποίων τα άτομα έχουν ηλεκτρόνια μόνο στη στιβάδα K. Η δεύτερη και τρίτη περίοδος περιλαμβάνουν οκτώ στοιχεία η καθεμιά, τα άτομα των οποίων έχουν εξωτερική στιβάδα την L και M, αντίστοιχα. Η τέταρτη και πέμπτη περίοδος έχουν από δεκαοκτώ στοιχεία και τα άτομά τους έχουν εξωτερική στιβάδα την N και O, αντίστοιχα. Η έκτη περιλαμβάνει τριανταδύο στοιχεία με ηλεκτρόνια σθένους (ηλεκτρόνια εξωτερικής στιβάδας) στην P στιβάδα. Η έβδομη περίοδος περιλαμβάνει προς το παρόν εικοσιέξι στοιχεία, (με την ανακάλυψη νέων τεχνητών στοιχείων ο αριθμός αυτός συνεχώς αυξάνεται) με ηλεκτρόνια σθένους στην Q στιβάδα.

Κατά μήκος μιας περιόδου υπάρχει συνήθως βαθμιαία μεταβολή ιδιοτήτων π.χ. κάθε περίοδος (εξαιρείται η πρώτη) αρχίζει με ένα δραστικό μέταλλο (αλκάλιο) και τελειώνει με ένα αδρανές αέριο (ευγενές αέριο), έχοντας στην προτελευταία θέση ένα πολύ δραστικό αμέταλλο (αλογόνο). Δηλαδή, με αλλά λόγια ***κατά μήκος μιας περιόδου έχουμε ελάττωση του μεταλλικού χαρακτήρα και αύξηση του χαρακτήρα αμετάλλου***. Γι' αυτό τα αμέταλλα βρίσκονται στο δεξιό άκρο του περιοδικού πίνακα και διαχωρίζονται από τα υπόλοιπα στοιχεία, που είναι τα μέταλλα, με τεθλασμένη γραμμή. Τα στοιχεία που βρίσκονται κοντά στη διαχωριστική αυτή γραμμή χαρακτηρίζονται ***μεταλλοειδή***, καθ' όσον εμφανίζουν ιδιότητες τόσο μετάλλων όσο και αμετάλλων (βλέπε περιοδικό πίνακα).

Οι ***λανθανίδες*** και ***ακτινίδες***, που ανήκουν στην έκτη και έβδομη περίοδο αντίστοιχα, θα έπρεπε κανονικά να τοποθετηθούν στην ίδια θέση του περιοδικού πίνακα (εκεί που είναι το λανθάνιο (La) και ακτίνιο (Ac) αντίστοιχα). Όμως, για να αποφύγουμε το «συνωστισμό» τοποθε-

Ο **Mendeleev** (1834-1907) έμοιαζε λίγο με τον παράφρονα μοναχό Ρασπούτιν (συνήθιζε, λένε, να πηγαίνει μια ορισμένη μόνο μέρα του χρόνου για κούρεμα).
Λέγεται ότι σχεδιάζοντας τον περιοδικό πίνακα τον πήρε ο ύπνος. Το όνειρο που είδε εκείνη τη νύκτα τον οδήγησε στη μεγαλοφυή του σκέψη να αφήσει τις κενές θέσεις και να δημιουργήσει τον πασίγνωστο περιοδικό πίνακα.
Ο Mendeleev δεν επαναπαύθηκε στη δόξα που του προσπόρισε ο περιοδικός πίνακας, συνέχισε να μελετά με το ίδιο πείσμα, κυριως τεχνολογικά θέματα για την ανάπτυξη της ρωσικής βιομηχανίας. Δε δίστασε όμως να παραιτηθεί από το πανεπιστήμιο της Πετρούπολης, όπου επί πολλά χρόνια ήταν καθηγητής, όταν ο υπουργός παιδείας αρνήθηκε να δεχτεί τα δίκαια αιτήματα των φοιτητών του.

• Οι λανθανίδες ονομάζονται και σπάνιες γαίες επειδή απαντούν στη φύση σε πολύ μικρές ποσότητες.
• Οι ακτινίδες είναι ραδιενεργά στοιχεία.

τούνται έξω από το κυρίως «σώμα» του περιοδικού πίνακα, σε δύο σειρές στο κάτω μέρος του πίνακα.

➢ *Οι κατακόρυφες στήλες του περιοδικού πίνακα αποτελούν τις ομάδες και καταλαμβάνονται από στοιχεία με ανάλογες ιδιότητες.*

Οι ομάδες χαρακτηρίζονται με τους λατινικούς αριθμούς I έως VIII. Διακρίνονται στις κύριες με το χαρακτηρισμό A και στις δευτερεύουσες με το χαρακτηρισμό B.

➢ *Στοιχεία που ανήκουν στην ίδια κύρια ομάδα έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων στην εξωτερική τους στιβάδα, ο οποίος ταυτίζεται με τον αύξοντα αριθμό της ομάδας.*

Γι' αυτό το λόγο εμφανίζουν έντονες ομοιότητες. Έτσι αν γνωρίζουμε τις ιδιότητες ενός μέλους της ομάδας, μπορούμε να προβλέψουμε τις ιδιότητες των υπολοίπων μελών της ομάδας.

Σύμφωνα με πρόταση της IUPAC (1985) η αρίθμηση των ομάδων γίνεται με ρωμαϊκούς αριθμούς από 1 έως 18 (βλέπε περιοδικό πίνακα). Τα μέταλλα της IA ομάδας ονομάζονται ***αλκάλια***, της IIA ομάδας ***αλκαλικές γαίες*** και της IIIA ***γαίες***. Τα στοιχεία που ανήκουν σε δευτερεύουσες ομάδες ονομάζονται ***μεταβατικά στοιχεία ή στοιχεία μετάπτωσης***. Τα στοιχεία της VIIA ομάδας ονομάζονται ***αλογόνα*** και της VIIIA ***ευγενή αέρια***.

Παρακάτω βλέπουμε τα είκοσι πρώτα στοιχεία του περιοδικού πίνακα, που αποτελούν τη βάση στην επίλυση των ασκήσεωνπου ακολουθούν:

IA							VIIIA
$_{1}H$	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	$_{2}He$
$_{3}Li$	$_{4}Be$	$_{5}B$	$_{6}C$	$_{7}N$	$_{8}O$	$_{9}F$	$_{10}Ne$
$_{11}Na$	$_{12}Mg$	$_{13}Al$	$_{14}Si$	$_{15}P$	$_{16}S$	$_{17}Cl$	$_{18}Ar$
$_{19}K$	$_{20}Ca$						

Παράδειγμα 2.2

Σε ποια περίοδο και ποια ομάδα του περιοδικού πίνακα ανήκει στοιχείο X με ατομικό αριθμό $Z = 9$; Να μη γίνει χρήση του περιοδικού πίνακα.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Κάνουμε πρώτα την κατανομή των ηλεκτρονίων σε στιβάδες για το $_{9}X$. X(2,7) Το άτομο του X έχει ηλεκτρόνια στις δύο πρώτες στιβάδες. Το X ανήκει λοιπόν στη δεύτερη περίοδο του περιοδικού πίνακα. Επίσης το άτομο του X έχει στην εξωτερική του στιβάδα επτά ηλεκτρόνια. Άρα το X βρίσκεται στην έβδομη ομάδα(VIIA), δηλαδή την ομάδα των αλογόνων.

Εφαρμογή

Να βρεθεί χωρίς να γίνει χρήση του περιοδικού πίνακα, σε ποια περίοδο και σε ποια ομάδα ανήκει το στοιχείο Ψ με ατομικό αριθμό $Z = 18$.

• **IUPAC**: (International Union Pure and Applied Chemistry) Διεθνής Ένωση Θεωρητικής και Εφαρμοσμένης Χημείας.

Στην ομάδα των αλκαλίων (IA) περιλαμβάνονται από πάνω προς τα κάτω τα δραστικά μέταλλα: Li, Na, K. Η δραστικότητα των μετάλλων αυξάνει με την ίδια σειρά. Γι' αυτό το K φυλάσσεται σε πετρέλαιο, ώστε να αποφύγουμε την αυτοανάφλεξή του κατά την αντίδρασή του με την υγρασία του αέρα. Επίσης είναι μαλακά μέταλλα, όπως βλέπετε το Na κόβεται με το μαχαίρι.

Ως μέταλλα που είναι, χαρακτηρίζονται (μεταλλικός χαρακτήρας) :

- με μεταλλική λάμψη
- είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας και του ηλεκτρισμού
- είναι ελατά και όλκιμα

Παράδειγμα 2.3

Ποιος είναι ο ατομικός αριθμός του στοιχείου που βρίσκεται στην 3η περίοδο του περιοδικού πίνακα και στην VA ομάδα; Να μη γίνει χρήση του περιοδικού πίνακα.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

Εφόσον βρίσκεται στην 3η περίοδο του πίνακα, έχει ηλεκτρόνια μόνο στις τρεις πρώτες στιβάδες. Εφόσον βρίσκεται στην VA ομάδα, έχει πέντε ηλεκτρόνια στην εξωτερική στιβάδα, που είναι η τρίτη. Είναι φανερό ότι το στοιχείο αυτό έχει δύο ηλεκτρόνια στη στιβάδα K, οκτώ ηλεκτρόνια στη στιβάδα L, και πέντε ηλεκτρόνια στη στιβάδα M. Έχει δηλαδή ηλεκτρονιακή δομή (2,8,5). Επομένως ο ατομικός αριθμός του στοιχείου αυτού είναι $Z = 15$.

Εφαρμογή

Χωρίς να γίνει χρήση του πίνακα, να βρεθεί ο ατομικός αριθμός του στοιχείου που βρίσκεται στην 3η περίοδο και την VIIA ομάδα του περιοδικού πίνακα.

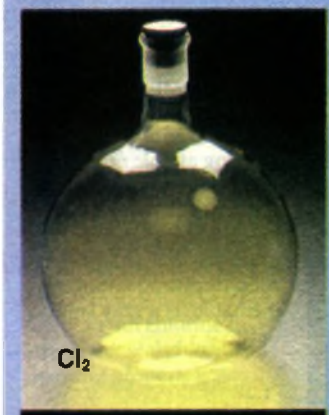
Η χρησιμότητα του περιοδικού πίνακα

Η ανακάλυψη του περιοδικού νόμου, δηλαδή ότι οι ιδιότητες των στοιχείων είναι περιοδική συνάρτηση του ατομικού τους αριθμού, καθώς και η δημιουργία του σύγχρονου περιοδικού πίνακα, αποτέλεσαν σταθμό στην εξέλιξη της χημικής επιστήμης. Η χρησιμότητα του περιοδικού πίνακα είναι αναμφισβήτητη, για τους εξής λόγους:

1. Για την ανακάλυψη νέων στοιχείων. Είναι γνωστό ότι ο περιοδικός πίνακας Mendeleev αποτέλεσε τη βάση για την ανακάλυψη πολλών νέων στοιχείων. Η αναζήτηση αυτών υπαγορεύτηκε από τις κενές θέσεις. Να σημειώσουμε ότι ο Mendeleev προσδιόρισε τις ακριβείς ιδιότητες πολλών στοιχείων που δεν είχαν ανακαλυφθεί στην εποχή του. Γνωρίζοντας απλά και μόνο τη θέση τους στον περιοδικό πίνακα προέβλεψε την ύπαρξή τους. Ακόμα και σήμερα ο περιοδικό πίνακας αποτελεί χρήσιμο βοήθημα για την ανακάλυψη νέων τεχνητών στοιχείων.

2. Γιατί διευκολύνει τη μελέτη των ιδιοτήτων (φυσικών και χημικών) και των μεθόδων παρασκευής των στοιχείων, καθώς αυτά εξετάζονται κατά ομάδες αντί το καθένα χωριστά. Έτσι, μπορούμε να μιλάμε για τις γενικές ιδιότητες αλογόνων και όχι μόνο για το Cl, που είναι ένα αλογόνο. Ακόμα, μπορούμε να αναφερόμαστε στις γενικές μεθόδους παρασκευής των αλκαλίων και όχι ειδικά στις παρασκευές του Na.

3. Γιατί δίνει τη δυνατότητα πρόβλεψης της συμπεριφοράς ενός στοιχείου, για το είδος του δεσμού που μπορεί να δημιουργήσει, καθώς και για τη συμπεριφορά των ενώσεών του, με βάση τη συμπεριφορά των γειτονικών του στοιχείων. Π.χ. τα αλκάλια και οι αλκαλικές γαίες έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά.



Στην ομάδα των αλογόνων (VIIA) το Cl_2 είναι αέριο κιτρινοπράσινο, το Br_2 υγρό καστανοκόκκινο και το I_2 στερεό καστανόμαυρο. Χαρακτηρίζονται από την έντονή διαβρωτική τους δράση.
Ως αμέταλλα που είναι:
- δεν έχουν μεταλλική λάμψη
- δεν είναι καλοί αγωγοί της θερμότητας και του ηλεκτρισμού
- δεν είναι ελατά ή όλκιμα.

• Τα μεταλλοειδή έχουν ενδιάμεσες ιδιότητες μεταξύ μετάλλων και αμετάλλων, (π.χ. το Si έχει εξωτερική εμφάνιση μετάλλου και συμπεριφορά αμετάλλου). Αυτό τα καθιστά υλικά μοντέρνας τεχνολογίας π.χ. για την κατασκευή transistors, chips κλπ.

Περιοδικός Πίνακας των στοιχείων

- Μέταλλα
- Αμέταλλα
- Μεταλλοειδή
- Ευγενή αέρια

ΠΕΡΙΟΔΟΣ	1 IA	2 IIA	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8 VIIIB	9 VIIIB	10 VIIIB	11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA
1																		1 H 1.00794 / 2 He 4.00260
2	3 Li 6.941	4 Be 9.01218											5 B 10.811	6 C 12.011	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.9984	10 Ne 20.1797
3	11 Na 22.9898	12 Mg 24.3050											13 Al 26.9815	14 Si 28.0855	15 P 30.9738	16 S 32.066	17 Cl 35.4527	18 Ar 39.948
4	19 K 39.0983	20 Ca 40.078	21 Sc 44.9559	22 Ti 47.88	23 V 50.9415	24 Cr 51.9961	25 Mn 54.9381	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332	28 Ni 58.69	29 Cu 63.546	30 Zn 65.39	31 Ga 69.723	32 Ge 72.61	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80
5	37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.9059	40 Zr 91.224	41 Nb 92.9064	42 Mo 95.94	43 Tc (98)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.906	46 Pd 106.42	47 Ag 107.868	48 Cd 112.411	49 In 114.818	50 Sn 118.710	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.904	54 Xe 131.29
6	55 Cs 132.905	56 Ba 137.327	57 *La 138.906	72 Hf 178.49	73 Ta 180.948	74 W 183.85	75 Re 186.207	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.967	80 Hg 200.59	81 Tl 204.383	82 Pb 207.2	83 Bi 208.980	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra 226.025	89 †Ac 227.028	104 Rf (261)	105 Db (262)	106 Sg (263)	107 Bh (264)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110 (269)	111 (272)	112 (277)						

* Λανθανίδες:	58 Ce 140.115	59 Pr 140.908	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.965	64 Gd 157.25	65 Tb 158.925	66 Dy 162.50	67 Ho 164.930	68 Er 167.26	69 Tm 168.934	70 Yb 173.04	71 Lu 174.967
† Ακτινίδες:	90 Th 232.038	91 Pa 231.036	92 U 238.029	93 Np 237.048	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (260)

2.3 Γενικά για το χημικό δεσμό - Παράγοντες που καθορίζουν τη χημική συμπεριφορά του ατόμου. Είδη χημικών δεσμών (ιοντικός - ομοιοπολικός)

Τι είναι ο χημικός δεσμός; Πότε και γιατί δημιουργείται;

Το μεγαλύτερο μέρος, αν όχι ολόκληρο, του πλούτου του κόσμου που μας περιβάλλει πηγάζει από τις ενώσεις που σχηματίζονται με τη συνένωση των στοιχείων του περιοδικού πίνακα. Από τα εκατό περίπου στοιχεία προκύπτουν εκατομμύρια διαφορετικοί συνδυασμοί (χημικές ενώσεις), όπως από τους λίγους φθόγγους μιας γλώσσας παράγονται άπειρες λέξεις. Οι διασυνδέσεις αυτές των ατόμων προς σχηματισμό ενώσεων γίνονται μέσω των χημικών δεσμών. ***Ο χημικός δεσμός*** δηλαδή, με απλά λόγια, είναι η «κόλλα» που ***δένει τα άτομα*** (ή άλλες δομικές μονάδες της ύλης, π.χ. ιόντα) ***προς σχηματισμό ενώσεων*** ή ακόμα άλλων ομάδων ατόμων, όπως είναι τα πολυατομικά στοιχεία π.χ. S_8.

- Χημικός δεσμός δημιουργείται, όταν οι δομικές μονάδες της ύλης (άτομα, μόρια ή ιόντα) πλησιάσουν αρκετά, ώστε ***οι ελκτικές δυνάμεις*** που αναπτύσσονται μεταξύ τους (π.χ. μεταξύ του πυρήνα του ενός ατόμου και των ηλεκτρονίων του άλλου) να ***υπερβούν τις απωστικές*** δυνάμεις που αναπτύσσονται (π.χ. μεταξύ των πυρήνων ή μεταξύ των ηλεκτρονίων τους). ***Οι διασυνδέσεις αυτές των ατόμων γίνονται μέσω των ηλεκτρονίων σθένους, δηλαδή των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας.*** Μην ξεχνάτε ότι η ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων εμφανίζει μία περιοδικότητα, η οποία εκφράζεται στη διάταξη των στοιχείων στον περιοδικό πίνακα. Η δομή αυτή αντανακλάται στο είδος και την ισχύ των δεσμών που αναπτύσσονται μεταξύ των στοιχείων. Τέλος, θα πρέπει να τονιστεί ότι ***η δημιουργία του χημικού δεσμού οδηγεί το σύστημα σε χαμηλότερη ενέργεια, το κάνει δηλαδή σταθερότερο***.

Παράγοντες που καθορίζουν τη χημική συμπεριφορά των ατόμων

Η χημική συμπεριφορά των στοιχείων καθορίζεται κατά κύριο λόγο από δύο παραμέτρους. Αυτές είναι:

1. τα ηλεκτρόνια σθένους

2. το μέγεθος του ατόμου (ατομική ακτίνα)

Τα θεμελιώδη αυτά χαρακτηριστικά του ατόμου θα εξεταστούν χωριστά και θα συσχετιστούν με τη χημική συμπεριφορά και κατ' επέκταση με το είδος του χημικού δεσμού που προκαλούν.

- Περίπου 600 000 χιλιάδες ενώσεις παρασκευάζονται κάθε χρόνο.

- Χημικός δεσμός είναι η δύναμη που συγκρατεί τα άτομα (ή άλλες δομικές μονάδες της ύλης, π.χ. ιόντα) ενωμένα μεταξύ τους.

- Ηλεκτρόνια σθένους, τα «δυνατά» ηλεκτρόνια. Αυτά που έχουν το σθένος να κάνουν χημικούς δεσμούς.

Ηλεκτρόνια σθένους

Είναι γνωστό ότι η ηλεκτρονιακή δομή και κυρίως τα εξωτερικά ηλεκτρόνια (ηλεκτρόνια σθένους) ευθύνονται για τη χημική συμπεριφορά του ατόμου. Στοιχεία που έχουν συμπληρωμένη την εξωτερική στιβάδα του ατόμου τους με οκτώ ηλεκτρόνια (εκτός από τη στιβάδα Κ που συμπληρώνεται με δύο), δεν έχουν την τάση να σχηματίζουν χημικές ενώσεις. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα ευγενή αέρια. Τα άτομα αυτών των στοιχείων βρίσκονται σε μία πολύ σταθερή ενεργειακή κατάσταση και η σταθερότητα αυτή αποδίδεται στην πληρότητα της εξωτερικής τους στιβάδας.

Άτομα άλλων στοιχείων που δε βρίσκονται στην ίδια μοίρα, που δεν έχουν δηλαδή στην εξωτερική τους στιβάδα οκτάδα ηλεκτρονίων (ή δυάδα αν πρόκειται για τη στιβάδα Κ), τείνουν να αποκτήσουν αυτή τη δομή, δηλαδή να «μοιάσουν» με τα ευγενή αέρια. Έτσι συνδέονται χημικά μεταξύ τους, αποβάλλοντας ή προσλαμβάνοντας ή συνεισφέροντας ηλεκτρόνια, ώστε να αποκτήσουν τη σταθερή ηλεκτρονική δομή των ευγενών αερίων (***κανόνας των οκτώ***).

Παρακάτω δίνεται πίνακας με τα ηλεκτρόνια σθένους χαρακτηριστικών στοιχείων. Να σημειωθεί ότι τα ηλεκτρόνια μέχρι 4 είναι μονήρη (μοναχικά), ενώ από 5 και πάνω αρχίζουν τα ζευγάρια. Με βάση αυτό τον πίνακα μπορούμε να προσδιορίζουμε τους ηλεκτρονιακούς τύπους των ενώσεων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2 Ηλεκτρόνια σθένους στοιχείων που ανήκουν σε κύριες ομάδες του περιοδικού πίνακα

IA	IIA	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	Ευγενή αέρια
H·							He:
Li·	·Be·	·B·	·C·	:N·	:O·	:F·	:Ne:
Na·	·Mg·	·Al·	·Si·	:P·	:S·	:Cl·	:Ar:
K·	·Ca·				:Se·	:Br·	:Kr:
Rb·	·Sr·				:Te·	:I·	:Xe:
Cs·	·Ba·						

Ένα στοιχείο της ομάδας ΙΑ των αλκαλίων, προφανώς έχει ένα μόνο ηλεκτρόνιο στην εξωτερική του στιβάδα, το οποίο επιδιώκει να αποβάλλει, ώστε να αποκτήσει δομή ευγενούς αερίου. Κατ΄ αυτό τον τρόπο φορτίζεται θετικά (ηλεκτροθετικό στοιχείο). Με ανάλογο σκεπτικό, ένα στοιχείο της VIIA ομάδας του περιοδικού πίνακα, που έχει στην εξωτερική του στιβάδα επτά ηλεκτρόνια, τείνει να προσλάβει ένα ηλεκτρόνιο, ώστε να αποκτήσει δομή ευγενούς αερίου, οπότε και φορτίζεται αρνητικά (ηλεκτραρνητικό στοιχείο). Έτσι μπορούμε να συμπεράνουμε ότι στοιχεία που έχουν «λίγα» ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στιβάδα έχουν την τάση να δίνουν ηλεκτρόνια, και αυτό συμβαίνει συνήθως με τα στοιχεία των ΙΑ, ΙΙΑ, και ΙΙΙΑ ομάδων του περιοδικού πίνακα. Αντίθετα,

• Από τα μέσα της δεκαετίας του 60 παρασκευάστηκαν στο εργαστήριο, κάτω από ειδικές συνθήκες, ορισμένες ενώσεις ευγενών αερίων, όπως π.χ. XeF_2, XeO_4.

• **Κανόνας των οκτώ** : τα άτομα έχουν την τάση να συμπληρώσουν τη στιβάδα σθένους τους με οκτώ ηλεκτρόνια (εκτός αν είναι η στιβάδα Κ που συμπληρώνεται με δύο), ώστε να αποκτήσουν τη δομή ευγενούς αερίου.

στοιχεία που έχουν «πολλά» ηλεκτρόνια στην εξωτερική τους στιβάδα έχουν τάση να παίρνουν ηλεκτρόνια, και αυτό συμβαίνει συνήθως με τα στοιχεία των VA, VIA και VIIA ομάδων του περιοδικού πίνακα.

Ατομική ακτίνα (το μέγεθος του ατόμου)

Το μέγεθος ενός ατόμου καθορίζει τη δύναμη με την οποία τα ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας συγκρατούνται από τον πυρήνα, αφού μεταξύ του θετικά φορτισμένου πυρήνα και των αρνητικά φορτισμένων ηλεκτρονίων ασκούνται δυνάμεις ηλεκτροστατικής φύσης (Coulomb). Συνεπώς, ***όσο πιο μικρό είναι ένα άτομο, τόσο πιο δύσκολα χάνει ηλεκτρόνια*** ή τόσο πιο εύκολα παίρνει ηλεκτρόνια (μεγάλη έλξη από τον πυρήνα). Αντίθετα, ***όσο πιο μεγάλο είναι ένα άτομο, τόσο πιο εύκολα χάνει ηλεκτρόνια*** ή τόσο πιο δύσκολα παίρνει ηλεκτρόνια. (μικρή έλξη από τον πυρήνα).

Το μέγεθος ενός ατόμου είναι μία από τις πιο ομαλά μεταβαλλόμενες ιδιότητες στον περιοδικό πίνακα.

➢ *Κατά μήκος μιας περιόδου η ατομική ακτίνα ελαττώνεται από τα αριστερά προς τα δεξιά.*

Αυτό συμβαίνει, γιατί όσο πηγαίνουμε προς τα δεξιά αυξάνει ο ατομικός αριθμός, κατά συνέπεια αυξάνει το θετικό φορτίο του πυρήνα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η ακτίνα, λόγω μεγαλύτερης έλξης των ηλεκτρονίων από τον πυρήνα. Επίσης,

➢ *Σε μία ομάδα η ατομική ακτίνα αυξάνεται από πάνω προς τα κάτω.*

Όσο πηγαίνουμε προς τα κάτω προστίθενται στιβάδες στο άτομο, οπότε μεγαλώνει η απόσταση ηλεκτρονίων σθένους από τον πυρήνα, η έλξη μειώνεται, συνεπώς η ατομική ακτίνα αυξάνεται.

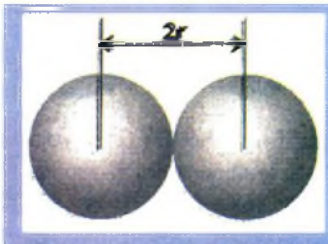
Μετά απ' αυτά φαίνεται ότι το καίσιο (Cs) χάνει πιο εύκολα ένα ηλεκτρόνιο απ' ότι το νάτριο (Na). Ομοίως, το χλώριο (Cl) παίρνει πιο εύκολα ένα ηλεκτρόνιο απ' ότι το ιώδιο (I).

Είδη χημικών δεσμών

Υπάρχουν δύο βασικά είδη χημικών δεσμών, ο ***ιοντικός ή ετεροπολικός δεσμός*** και ο ***ομοιοπολικός δεσμός***. Πέρα όμως αυτών, υπάρχουν και άλλοι τύποι δεσμών, όπως είναι ο μεταλλικός δεσμός (που εμφανίζεται στα μέταλλα ή κράματα), οι δεσμοί Van der Waals (που αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων) κλπ.

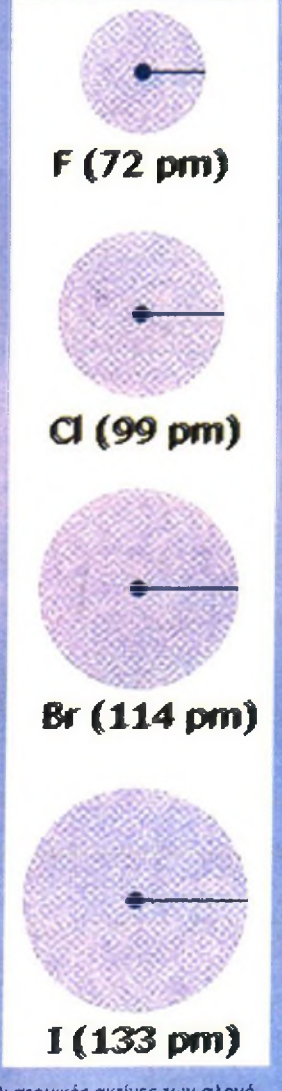
Ιοντικός ή ετεροπολικός δεσμός

➢ *Ο ιοντικός ή ετεροπολικός δεσμός, όπως υποδηλώνει το όνομά του, αναπτύσσεται μεταξύ ετεροατόμων, συνήθως μεταξύ ενός μετάλλου (στοιχείου δηλαδή που έχει την τάση να αποβάλλει ηλεκτρόνια) και ενός αμετάλλου (στοιχείου δηλαδή που έχει την τάση να προσλαμβάνει ηλεκτρόνια). Ο δεσμός αυτός απορρέει από την έλξη αντίθετα φορτισμένων ιόντων, κατιόντων (που είναι θετικά φορτισμένα) και ανιόντων (που είναι αρνητικά φορτισμένα). Τα ιόντα αυτά σχηματίζονται με μεταφορά ηλεκτρονίων, π.χ. από το μέταλλο στο αμέταλλο.*



Η ατομική ακτίνα ορίζεται ως το μισό της απόστασης μεταξύ των πυρήνων δύο γειτονικών ατόμων στοιχείου, που βρίσκονται σε στερεή κρυσταλλική κατάσταση.

Η ατομική ακτίνα των στοιχείων στον περιοδικό πίνακα αυξάνεται από δεξιά προς τα αριστερά και από πάνω προς τα κάτω.



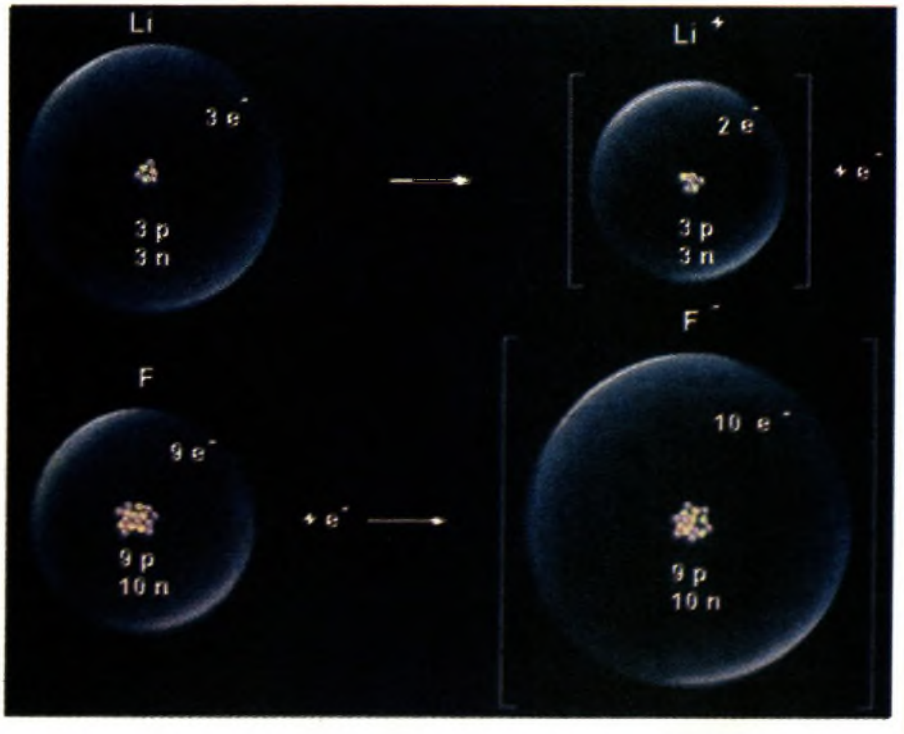
Οι ατομικές ακτίνες των αλογόνων.

Με άλλα λόγια, κατά το σχηματισμό ιοντικού δεσμού μεταξύ δύο ατόμων, το ένα άτομο αποβάλλει 1 έως 3 ηλεκτρόνια, παίρνοντας έτσι τη μορφή κατιόντος (θετικό ιόν). Αντίθετα, το άλλο άτομο προσλαμβάνει 1 έως 3 ηλεκτρόνια, παίρνοντας έτσι τη μορφή ανιόντος (αρνητικό ιόν). ***Τα ιόντα που σχηματίζονται έλκονται μεταξύ τους με ηλεκτροστατικές δυνάμεις Coulomb και διατάσσονται στο χώρο σε κανονικά γεωμετρικά σχήματα, τους ιοντικούς κρυστάλλους.***

Ας δούμε όμως, πώς σχηματίζεται η ιοντική ένωση LiF από το μέταλλο λίθιο ($_3$Li) και το αμέταλλο φθόριο ($_9$F).

Η ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων είναι: $_3$Li (2,1) και $_9$F (2,7)

Όταν τα δύο άτομα πλησιάσουν κοντά το ένα στο άλλο, μεταφέρεται ένα ηλεκτρόνιο από το άτομο του Li στο άτομο του F και κατ' αυτό τον τρόπο αποκτούν δομή ευγενούς αερίου, μεταπίπτοντας σε αντίθετα φορτισμένα ιόντα, δηλαδή έχουμε: Li^+ (2) και F^- (2,8), όπως φαίνεται σχηματικά παρακάτω:



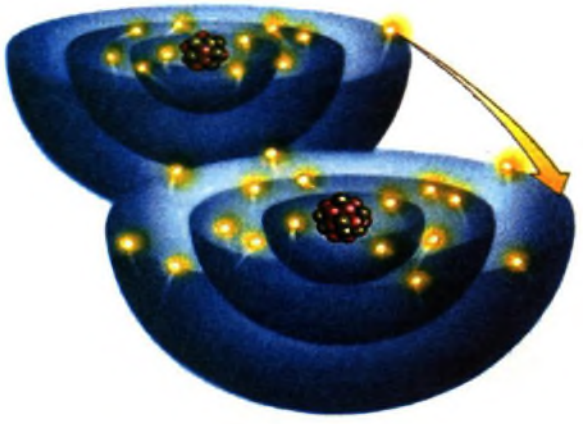
ΣΧΗΜΑ 2.3 Διαγραμματική απεικόνιση σχηματισμού της ιοντικής ένωσης LiF από Li και F.

Παρατηρήστε στο παραπάνω σχήμα ότι η αποβολή ενός ηλεκτρονίου από ένα άτομο Li οδηγεί σε μείωση της ατομικής του ακτίνας. Γι' αυτό και τα κατιόντα έχουν πάντοτε μικρότερο μέγεθος από τα αντίστοιχα ουδέτερα άτομα. Αντίθετα, η πρόσληψη ηλεκτρονίου από ένα ουδέτερο άτομο οδηγεί σε αύξηση της ατομικής του ακτίνας, γι' αυτό και τα ανιόντα έχουν πάντοτε μεγαλύτερο μέγεθος από τα αντίστοιχα ουδέτερα άτομα.

Με ανάλογο τρόπο σχηματίζεται η ιοντική ένωση NaCl από το νάτριο ($_{11}$Na) και χλώριο ($_{17}$Cl). Η ηλεκτρονιακή δομή του ατόμου του νατρίου είναι: $_{11}$Na (2,8,1). Με αποβολή του ηλεκτρονίου σθένους, το

- Όσο μεγαλώνει η ατομική ακτίνα και μικραίνει ο αριθμός ηλεκτρονίων σθένους, τόσο αυξάνεται η ευκολία του ατόμου για αποβολή ηλεκτρονίων. Δηλαδή, αυξάνεται ο ηλεκτροθετικός (μεταλλικός) χαρακτήρας του στοιχείου.
- Αντίθετα, όσο ελαττώνεται η ατομική ακτίνα και αυξάνεται ο αριθμός ηλεκτρονίων σθένους, τόσο μεγαλώνει η ευκολία πρόσληψης ηλεκτρονίων από ένα άτομο. Δηλαδή, αυξάνεται ο ηλεκτραρνητικός (μη μεταλλικός) χαρακτήρας του στοιχείου.
- Ετεροπολικός δεσμός είναι οι δυνάμεις ηλεκτροστατικής φύσης που συγκρατούν τα κατιόντα και ανιόντα στις ιοντικές ενώσεις

άτομο του Na αποκτά τη δομή (2,8), δηλαδή τη δομή ευγενούς αερίου (του νέου). Έτσι προκύπτει το κατιόν του νατρίου: $Na \rightarrow Na^+ + e^-$.
Η ηλεκτρονιακή δομή του ατόμου του χλωρίου είναι: $_{17}Cl$ (2,8,7). Με πρόσληψη του ενός ηλεκτρονίου που απέβαλε το Na, το άτομο του Cl αποκτά δομή (2,8,8), δηλαδή δομή ευγενούς αερίου (του αργού). Έτσι προκύπτει το ανιόν του χλωρίου: $Cl + e^- \rightarrow Cl^-$.



ΣΧΗΜΑ 2.4 Εικονική παρουσίαση του σχηματισμού της ιοντικής ένωσης NaCl από Na και Cl με μεταφορά ηλεκτρονίων.

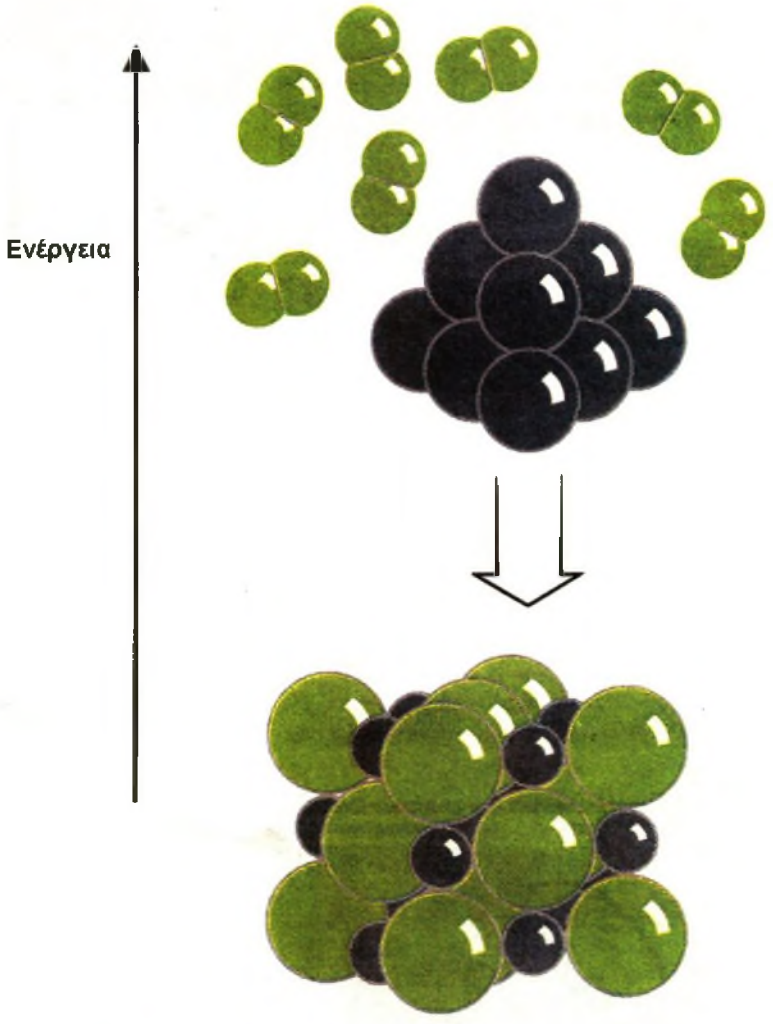
Τέλος, τα ιόντα που σχηματίζονται συγκρατούνται με ισχυρές ηλεκτροστατικές δυνάμεις σε ορισμένες θέσεις στον κρύσταλλο του NaCl. Στον κρύσταλλο αυτό οι δυνάμεις Coulomb ασκούνται προς όλες τις διευθύνσεις. Έτσι, τα ιόντα συσσωρεύονται, ώστε το κάθε κατιόν να περιβάλλεται από έξι ανιόντα και κάθε ανιόν να περιβάλλεται από έξι κατιόντα. Αυτή η «συσσωρευμένη» κατάσταση εξασφαλίζει την ελάχιστη ενέργεια στο σύστημα, δηλαδή τη μέγιστη σταθερότητα.. Επομένως, ***στις ιοντικές ενώσεις δεν υπάρχει η έννοια του μορίου***. Ο δε χημικός τύπος, πχ. NaCl, δείχνει την απλούστερη ακέραια αναλογία κατιόντων και ανιόντων στον κρύσταλλο.

ΣΧΗΜΑ 2.5 Εικονική παρουσίαση του σχηματισμού στερεού χλωριούχου νατρίου (κοινό επιτραπέζιο αλάτι) από στερεό νάτριο και αέριο χλώριο.

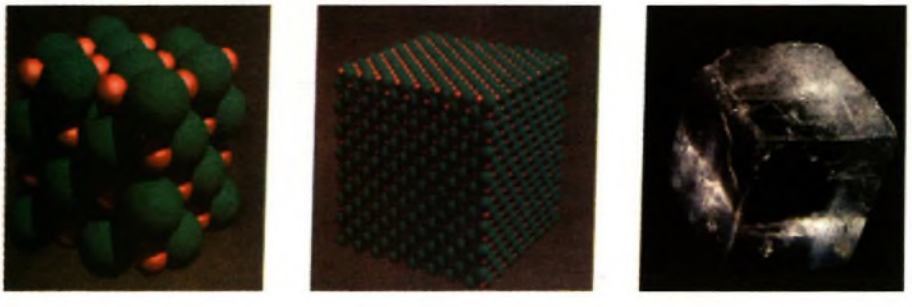
• Δεν είναι απαραίτητο να συμπίπτει ο αριθμός των ηλεκτρονίων που αποβάλλει το ένα άτομο με τον αριθμό των ηλεκτρονίων που προσλαμβάνει το άλλο άτομο.

• **Κανόνας των οκτώ**: τα άτομα έχουν την τάση να συμπληρώσουν τη στιβάδα σθένους των με οκτώ ηλεκτρόνια (εκτός αν είναι η στιβάδα Κ που συμπληρώνεται με δύο), ώστε να αποκτήσουν τη δομή ευγενούς αερίου.

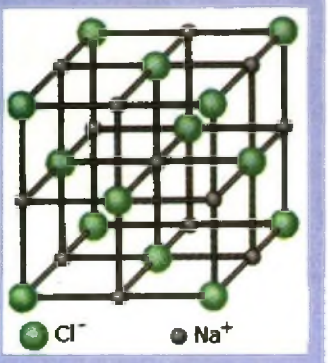
• Επειδή στις ιοντικές ενώσεις δεν υπάρχει η έννοια του μορίου, γι' αυτό ορισμένες φορές χρησιμοποιείται ο όρος τυπική μάζα αντί της σχετικής μοριακής μάζας ή τυπικό βάρος αντί του μοριακού βάρους.



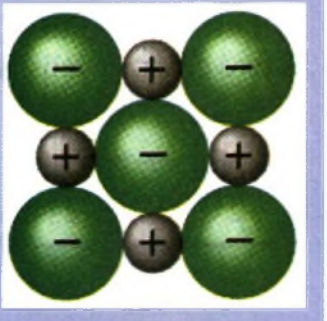
ΣΧΗΜΑ 2.6 Σχηματισμός κρυστάλλου NaCl από Na*(s)* και Cl_2*(g)*. Παρατηρήστε ότι τα ιόντα Na^+, που προκύπτουν με αποβολή ηλεκτρονίων, έχουν μικρότερο μέγεθος από τα άτομα Na (αργυρόχρωμες σφαίρες), ενώ τα ανιόντα Cl^- που προκύπτουν με πρόσληψη ηλεκτρονίων έχουν μεγαλύτερο μέγεθος από τα άτομα Cl (κιτρινοπράσινες σφαίρες). Επίσης μη ξεχνάτε ότι ο ιοντικός δεσμός οδηγεί το σύστημα σε χαμηλότερη ενέργεια, όπως παραστατικά παρουσιάζεται στο σχήμα.



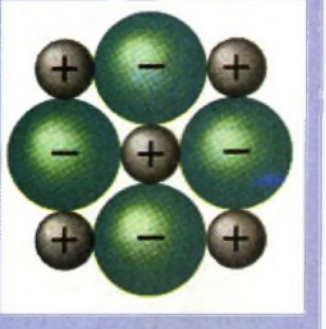
ΣΧΗΜΑ 2.7 Απεικόνιση του κρυστάλλου NaCl (συμπαγή μορφή). Το τελευταίο σχήμα δίνει τη φωτογραφική εικόνα του NaCl, όπως εμφανίζεται στον μακρόκοσμο.



Απεικόνιση του κρυσταλλικού πλέγματος NaCl (αναπτυγμένη μορφή).



Κάθετος διατομή του κρυστάλλου (πρώτο στρώμα).



Κάθετος διατομή του κρυστάλλου (δεύτερο στρώμα).

Χαρακτηριστικά ιοντικών ή ετεροπολικών ενώσεων

Τα βασικά χαρακτηριστικά των ιοντικών ενώσεων είναι:

1. Ιοντικές ενώσεις είναι κατά πλειονότητα τα οξείδια των μετάλλων, τα υδροξείδια των μετάλλων και τα άλατα.

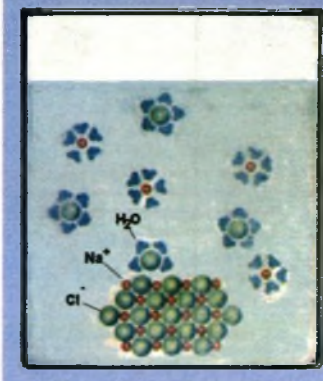
2. Στις ιοντικές ή ετεροπολικές ενώσεις δεν υπάρχουν μόρια. Σχηματίζεται κρύσταλλος του οποίου οι δομικές μονάδες είναι τα ιόντα (ιοντικός κρύσταλλος).

3. Οι ιοντικές ενώσεις έχουν υψηλά σημεία τήξεως λόγω των ισχυρών δυνάμεων Coulomb, που συγκρατούν τα ιόντα τους στον κρύσταλλο. Π.χ. το κοινό αλάτι (χλωριούχο νάτριο) τήκεται περίπου στους 800 °C.

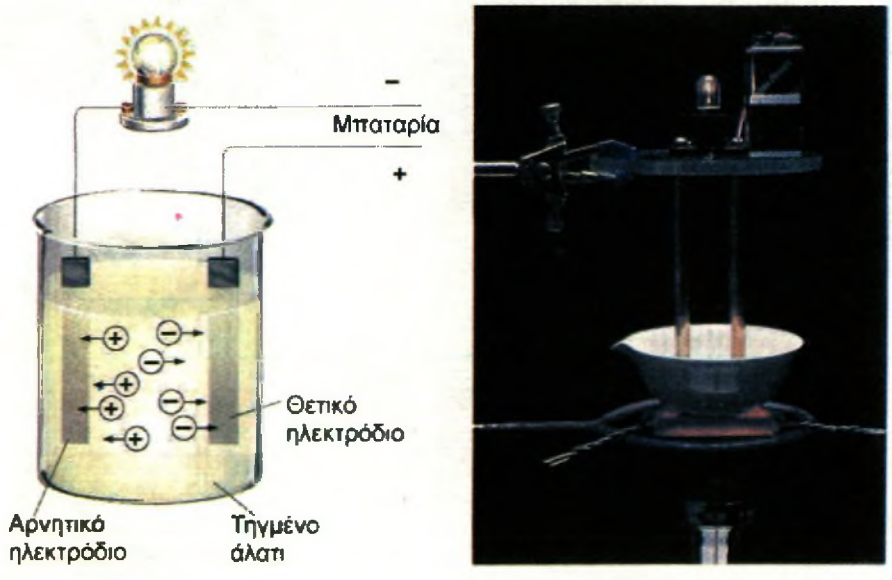
4. Οι κρύσταλλοί τους είναι σκληροί και εύθραυστοι και όχι ελατοί και όλκιμοι, όπως είναι οι κρύσταλλοι των μετάλλων.

5. Σε αντίθεση με τους κρυστάλλους των μετάλλων (μεταλλικά κρυσταλλικά πλέγματα), οι ιοντικές ενώσεις σε στερεά κατάσταση είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού. Όμως, τα τήγματα και τα υδατικά τους διαλύματα άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα (βλέπε σχήματα δίπλα και κάτω).

6. Πολλές ιοντικές ενώσεις είναι ευδιάλυτες στο νερό.



Η διάλυση του NaCl*(s)* στο νερό προκαλεί διάσταση στον κρύσταλλο, οπότε τα ιόντα κινούνται ελεύθερα (καλός αγωγός του ηλεκτρισμού).



ΣΧΗΜΑ 2.8 Με τήξη ο κρύσταλλος NaCl «σπάζει», οπότε τα ιόντα κινούνται ελεύθερα (καλός αγωγός του ηλεκτρισμού).

Ομοιοπολικός δεσμός

Ας παρακολουθήσουμε τώρα πώς σχηματίζεται ο ομοιοπολικός δεσμός. Όταν η χημική ένωση δεν περιλαμβάνει μεταλλικό στοιχείο, το απαιτούμενο ποσό ενέργειας για την εξαγωγή ηλεκτρονίων είναι πολύ μεγάλο, και επομένως ο σχηματισμός ιοντικής ένωσης είναι μάλλον αδύνατος. Το καλύτερο που μπορεί να συμβεί στις περιπτώσεις αυτές είναι τα άτομα να διατηρήσουν ουσιαστικά τα ηλεκτρόνιά τους και να συνάψουν ταυτόχρονα μία συμφωνία «συνιδιοκτησίας» μεταξύ τους, να σχηματίσουν δηλαδή κοινά ζευγάρια ηλεκτρονίων.

• Ημιπολικό δεσμό (ή δοτικό ομοιοπολικό) έχουμε όταν το κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων προσφερθεί από το ένα μόνο άτομο.

➢ *Όταν δύο γειτονικά άτομα κατέχουν από κοινού ένα ζευγάρι ηλεκτρονίων, λέμε ότι συνδέονται μέσω ενός ομοιοπολικού δεσμού.*

Το κοινό αυτό ζευγάρι ηλεκτρονίων δεν περιορίζεται σε ένα άτομο, αλλά απλώνεται σαν δίχτυ, περιβάλλοντας και τα δύο άτομα. Είναι δυνατόν επίσης τα άτομα να μοιράζονται περισσότερα από δύο ηλεκτρόνια. Κατά συνέπεια, τα άτομα είναι δυνατό να συνδέονται με απλό δεσμό (ένα κοινό ζευγάρι ηλεκτρονίων) ή με διπλό δεσμό (δύο κοινά ζευγάρια ηλεκτρονίων) ή με τριπλό δεσμό (τρία κοινά ζευγάρια ηλεκτρονίων).

➢ *Με ομοιοπολικό δεσμό, όπως υποδηλώνει και το όνομά του, μπορούν να συνδεθούν άτομα του ίδιου στοιχείου (αμέταλλα) ή διαφορετικών στοιχείων (συνήθως αμέταλλα).*

Μη ξεχνάμε ότι, όπως στην περίπτωση ιοντικών ενώσεων, ομοιοπολικοί δεσμοί σχηματίζονται μόνο όταν το σύστημα οδηγείται σε χαμηλότερη ενεργειακή στάθμη, οπότε έχουμε σταθερότερη δομή.

Ας δούμε τώρα πώς μπορούν να συνδεθούν δύο άτομα υδρογόνου, για να σχηματίσουν το μόριο του υδρογόνου. Κάθε άτομο υδρογόνου αμοιβαία συνεισφέρει το μοναδικό μονήρες ηλεκτρόνιο που διαθέτει, με αποτέλεσμα το σχηματισμό ενός κοινού ζεύγους ηλεκτρονίων, δηλαδή ενός ζεύγους που να ανήκει και στα δύο άτομα. Κατ' αυτό τον τρόπο τα δύο άτομα αποκτούν δομή ευγενούς αερίου.

$$H^{\cdot} + {}^{\cdot}H \longrightarrow H:H$$

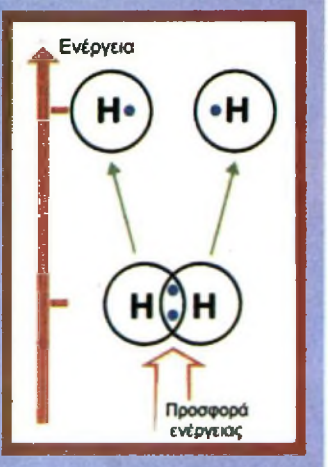
Με ανάλογο τρόπο μπορούμε να μελετήσουμε το σχηματισμό του μορίου του υδροχλωρίου (HCl) από ένα άτομο $_1H$ και ένα άτομο $_{17}Cl$. Τα δύο άτομα αμοιβαία συνεισφέρουν τα μονήρη (μοναχικά) ηλεκτρόνιά τους προς σχηματισμό ενός ομοιοπολικού δεσμού. Κατ' αυτό τον τρόπο τα δύο άτομα αποκτούν δομή ευγενούς αερίου.

$$H^{\cdot} + {}^{\cdot}\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \longrightarrow H:\ddot{\underset{\cdot\cdot}{Cl}}: \qquad H-Cl$$

Οι παραπάνω παραστάσεις, που δείχνουν την κατανομή των ηλεκτρονίων σθένους στο μόριο, καθώς και το σχηματισμό των ομοιοπολικών δεσμών, ονομάζονται ***ηλεκτρονιακοί τύποι***. Με βάση τον ηλεκτρονιακό τύπο παρατηρούμε ότι στο μόριο του HCl έχουμε τρία μη δεσμικά ζεύγη ηλεκτρονίων (ηλεκτρόνια που δε συμμετέχουν στο σχηματισμό δεσμών) και ένα δεσμικό, τον ομοιοπολικό δεσμό. Ο ομοιοπολικός αυτός δεσμός μπορεί να παρασταθεί και με μία παύλα.

Στο σημείο αυτό καλό είναι να κάνουμε μία σύντομη αναφορά στην έννοια της ηλεκτραρνητικότητας. ***Ηλεκτραρνητικότητα στοιχείου ονομάζεται η τάση του ατόμου στοιχείου να έλκει ηλεκτρόνια, όταν αυτό συμμετέχει στο σχηματισμό πολυατομικών συγκροτημάτων.***

Αν τα άτομα που σχηματίζουν τον ομοιοπολικό δεσμό είναι όμοια μεταξύ τους, όπως π.χ. στο μόριο του H_2, τότε το κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων του ομοιοπολικού δεσμού έλκεται εξ ίσου από τους πυρήνες των δύο ατόμων, οπότε έχουμε ομοιόμορφη κατανομή του κοινού ζεύγους των ηλεκτρονίων μεταξύ των δύο ατόμων. Στην περίπτωση αυτή έχουμε ένα ***μη πολικό (μη πολωμένο) ομοιοπολικό δεσμό.***



Ο σχηματισμός ομοιοπολικού δεσμού οδηγεί το σύστημα σε χαμηλότερη ενέργεια, όπως φαίνεται σχηματικά στην περίπτωση του σχηματισμού του μορίου του υδρογόνου. Αντίθετα, για να διασπαστεί ένας δεσμός απαιτείται ενέργεια (ενέργεια δεσμού). Όσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια αυτή, τόσο πιο ισχυρός είναι ο δεσμός.

• Γενικώς τα άτομα αμετάλλων ενώνονται με ομοιοπολικό δεσμό.

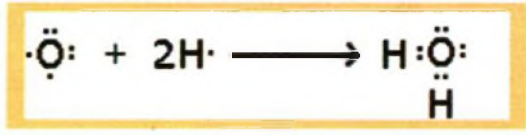
• Οι ηλεκτρονικοί τύποι των μορίων μάς δείχνουν ό,τι και οι μοριακοί τύποι (από ποια άτομα και με ποια αναλογία συγκροτείται το μόριο), και επιπλέον την κατανομή των ηλεκτρονίων σθένους των ατόμων.

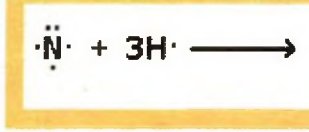
• Ηλεκτραρνητικότητα ενός ατόμου είναι η δύναμη (τάση) με την οποία το άτομο έλκει ηλεκτρόνια μέσα στο μόριο των ενώσεων με άλλα άτομα. Να σημειωθεί ότι, όσο η ατομική ακτίνα μειώνεται και ο αριθμός των ηλεκτρονίων σθένους αυξάνεται, τόσο η τιμή της ηλεκτραρνητικότητας αυξάνει.

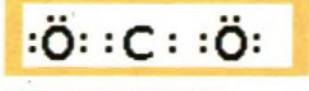
Δε συμβαίνει όμως το ίδιο, όταν τα άτομα του μορίου είναι διαφορετικά, π.χ. στο μόριο του HCl. Στην περίπτωση αυτή το κοινό ζεύγος των ηλεκτρονίων έλκεται περισσότερο από το ηλεκτραρνητικότερο άτομο, π.χ. Cl. Έτσι, έχουμε ανομοιόμορφη κατανομή του κοινού ζεύγους των ηλεκτρονίων, με μεγαλύτερο ποσοστό προς την πλευρά του ηλεκτραρνητικότερου (π.χ. Cl). Στην περίπτωση αυτή ο δεσμός ονομάζεται ***πολικός (πολωμένος) ομοιοπολικός δεσμός***. Είναι μάλιστα προφανές πως όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά ηλεκτραρνητικότητας μεταξύ των ατόμων, τόσο πιο πολωμένος είναι ο ομοιοπολικός δεσμός.

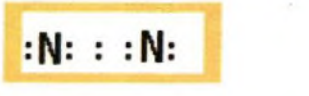
ΣΧΗΜΑ 2.9 Ο πολικός ομοιοπολικός δεσμός (μέσο) αποτελεί μία ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ του μη πολικού (αριστερά) και του ιοντικού δεσμού (δεξιά).

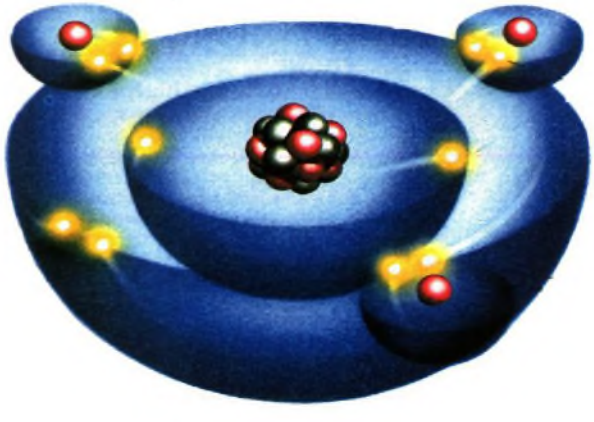
Παρακάτω δίνονται οι ηλεκτρονικοί τύποι των πολυατομικών μορίων, νερού (H_2O)και αμμωνίας (NH_3), καθώς και των μορίων με πολλαπλούς ομοιοπολικούς δεσμούς, διοξείδιου του άνθρακα (CO_2) και αζώτου (N_2). Να παρατηρήσουμε ότι σε όλες τις περιπτώσεις, πλην της τελευταίας, οι δεσμοί είναι ομοιοπολικοί πολικοί. Επίσης να σημειώσουμε ότι ο διπλός και τριπλός δεσμός συγκροτείται από δύο η τρία κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων, αντίστοιχα.











- Οι καθαρά ομοιοπολικοί και καθαρά ιοντικοί δεσμοί είναι ακραίες περιπτώσεις. Οι περισσότεροι δεσμοί είναι ενδιάμεσου χαρακτήρα.
- Η πόλωση ενός ομοιοπολικού δεσμού υποδηλώνει την ύπαρξη ιοντικού χαρακτήρα στον ομοιοπολικό δεσμό.

Μοριακά μοντέλα ομοιοπολικών ενώσεων

μόριο HCl

μόριο NH_3

μόριο H_2O

μόριο CO_2

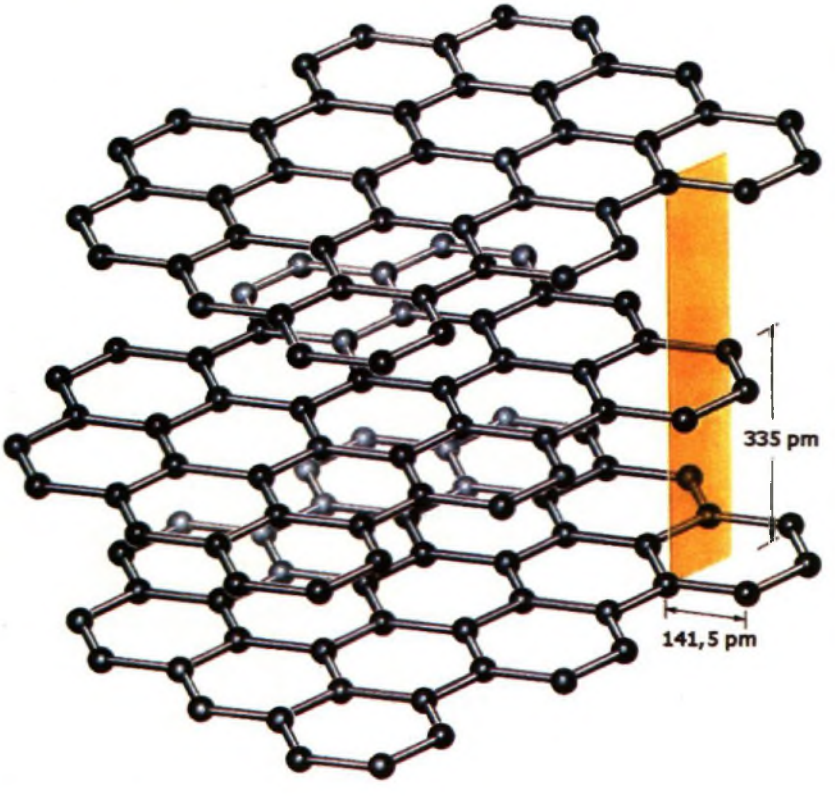
ΣΧΗΜΑ 2.10 Σχηματική απεικόνιση της ομοιοπολικής ένωσης NH_3.

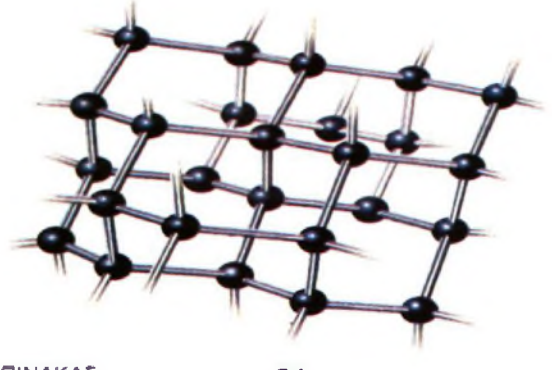
Χαρακτηριστικά ομοιοπολικών ή μοριακών ενώσεων

1. Οι μοριακές ενώσεις διαφέρουν εντυπωσιακά από τις ιοντικές, είναι δηλαδή διακριτά συμπλέγματα ατόμων (μόρια) και όχι εκτενή συσσωματώματα (κρύσταλλοι). Επιπλέον, οι ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων είναι ασθενείς σε σχέση με αυτές μεταξύ των ιόντων στο κρυσταλλικό πλέγμα. Γι' αυτό οι μοριακές ενώσεις σχηματίζουν μαλακά στερεά με χαμηλά σημεία τήξεως, ή υγρά με χαμηλά σημεία βρασμού, ή αέρια σώματα. Υπάρχουν βέβαια περιπτώσεις στις οποίες τα άτομα συνδέονται μεταξύ τους και σχηματίζουν μεγαλομόρια, όπως είναι το διαμάντι ή ο γραφίτης, τα οποία χαρακτηρίζονται από εξαιρετική σκληρότητα και πολύ υψηλά σημεία τήξεως.

2. Ομοιοπολικές ενώσεις είναι κατά το πλείστον οι ενώσεις μεταξύ αμετάλλων, π.χ. οξέα, οξείδια αμετάλλων κλπ.

3. Σε καθαρή κατάσταση είναι κακοί αγωγοί του ηλεκτρισμού, ενώ τα υδατικά διαλύματα ορισμένων ομοιοπολικών ενώσεων (π.χ. οξέων) άγουν το ηλεκτρικό ρεύμα.





ΣΧΗΜΑ 2.11 Ο γραφίτης (πάνω) και το διαμάντι (κάτω) αποτελούν χαρακτηριστικά παραδείγματα κρυσταλλικών στερεών των οποίων τα άτομα συνδέονται με ομοιοπολικούς δεσμούς (ομοιοπολικοί κρύσταλλοι).

2.4 Η γλώσσα της χημείας – Αριθμός οξείδωσης- Γραφή χημικών τύπων και εισαγωγή στην ονοματολογία των ενώσεων

Εισαγωγή

Η γλώσσα της χημείας είναι η πλουσιότερη γλώσσα. Έχει να κάνει με τουλάχιστον δέκα εκατομμύρια γνωστές ενώσεις και ο αριθμός αυτός αυξάνεται ραγδαία. Περίπου 600 000 νέες ενώσεις παρασκευάζονται κάθε χρόνο. Σκεφθείτε για σύγκριση ότι η αγγλική γλώσσα δεν ξεπερνά τις 500 000 λέξεις.

Στην αρχή τα ονόματα δίνονταν κατά το πλείστον με βάση την προέλευση ή τις ιδιότητες της ένωσης, π.χ. το χρώμα. Μερικά απ' αυτά «αντέχουν» μέχρι σήμερα, πχ. οινόπνευμα ή άκουα φόρτε (δυνατό νερό, το νιτρικό οξύ). Λίγο αργότερα, με την αύξηση του αριθμού των ενώσεων, επικράτησε πλήρης σύγχυση, μέχρις ότου στις αρχές του 19^{ου} αιώνα ο σουηδαίος χημικός Berzelius έδωσε τους συμβολισμούς των χημικών στοιχείων και άνοιξε το δρόμο για τη συστηματική μελέτη της ονοματολογίας.

Στις ημέρες μας η Διεθνής Ένωση Θεωρητικής και Εφαρμοσμένης Χημείας (IUPAC) έχει επιφορτιστεί με το έργο της εναρμόνισης της διεθνούς αυτής «γλώσσας», με θέσπιση από καιρό σε καιρό νέων συμπληρωματικών κανόνων που να καλύπτουν τις νέες εξελίξεις και έχουν παγκόσμια ισχύ.

Berzelius (1779-1848) Σουηδός γιατρός. Η αγάπη του για τις φυσικές επιστήμες τον έστρεψε προς την ιατρική, το μόνο κατάλληλο πεδίο εκείνη την εποχή για όποιον ενδιαφερόταν να σπουδάσει χημεία. Γιγαντιαίο ήταν το ερευνητικό του έργο. Σε μια εποχή όπου οι δημοσιεύσεις ήταν λιγοστές, αυτός δημοσίευσε 250 περίπου πρωτότυπα άρθρα, εκτός από βιβλία. Ανακάλυψε νέα στοιχεία και προσδιόρισε με σχολαστικότητα τις σχετικές ατομικές μάζες όλων των τότε γνωστών στοιχείων (43). Εφηύρε τη «χημική αλφάβητο», εισάγοντας τις συντομογραφίες των στοιχείων, που έκτοτε χρησιμοποιούνται στη διεθνή γλώσσα της χημείας.

Χημικά σύμβολα, το αλφαβητάρι της χημείας

Τα χημικά σύμβολα είναι συντομογραφίες των ονομάτων των 112 στοιχείων. Τα σύμβολα αυτά προέρχονται συνήθως από το πρώτο ή τα δύο πρώτα γράμματα του αγγλικού ή του λατινικού ονόματος του στοιχείου. Τα σύμβολα και τα ονόματα των στοιχείων δίνονται στο παράρτημα, στον πίνακα των σχετικών ατομικών μαζών (ατομικών βαρών).

Χημικοί τύποι ενώσεων, το λεξιλόγιο της χημείας

Οι χημικοί τύποι αποτελούν τα σύμβολα των χημικών ενώσεων. Οι χημικοί τύποι διακρίνονται σε διάφορα είδη ανάλογα με τις πληροφορίες που δίνουν για τις ενώσεις τις οποίες συμβολίζουν. Οι ***μοριακοί τύποι***, που χρησιμοποιούνται συνήθως στην ανόργανη χημεία, μας δείχνουν:

1. από ποια στοιχεία αποτελείται η ένωση
2. τον ακριβή αριθμό των ατόμων στο μόριο της ένωσης.

Να σημειωθεί ότι η οργανική χημεία περιλαμβάνει τις ενώσεις του άνθρακα πλην του CO, CO_2, H_2CO_3 και ανθρακικών αλάτων.
Για τη γραφή και την ονομασία των μοριακών τύπων είναι απαραίτητη η γνώση των κυριότερων ιόντων καθώς και η εκμάθηση των συνηθέστερων αριθμών οξείδωσης των στοιχείων στις ενώσεις τους. Αυτά εκτίθενται αμέσως παρακάτω:

Οι τύποι των ιόντων και οι ονομασίες τους

Τα ιόντα ως γνωστό είναι φορτισμένα άτομα, π.χ. Na^+, S^{2-}, ή φορτισμένα συγκροτήματα ατόμων, π.χ. NH_4^+, SO_4^{2-}. Αυτά που έχουν θετικό φορτίο λέγονται κατιόντα, ενώ αυτά που έχουν αρνητικό φορτίο λέγονται ανιόντα. Οι ονομασίες και οι συμβολισμοί των κυριότερων μονοατομικών και πολυατομικών ιόντων δίνονται στους παρακάτω πίνακες:

Πίνακας 2.3 Ονοματολογία των κυριότερων μονοατομικών ιόντων

Cl^-	χλωριούχο ή χλωρίδιο	O^{2-}	οξυγονούχο ή οξείδιο
Br^-	βρωμιούχο ή βρωμίδιο	S^{2-}	θειούχο ή σουλφίδιο
I^-	ιωδιούχο ή ιωδίδιο	N^{3-}	αζωτούχο ή νιτρίδιο
F^-	φθοριούχο ή φθορίδιο	P^{3-}	φωσφορούχο ή φωσφίδιο
H^-	υδρογονούχο ή υδρίδιο		

Πίνακας 2.4 Ονοματολογία των κυριότερων πολυατομικών ιόντων

NO_3^-	νιτρικό	CN^-	κυάνιο (κυανίδιο)	HCO_3^-	όξινο ανθρακικό
CO_3^{2-}	ανθρακικό	ClO_4^-	υπερχλωρικό	HPO_4^{2-}	όξινο φωσφορικό
SO_4^{2-}	θειικό	ClO_3^-	χλωρικό	$H_2PO_4^-$	δισόξινο φωσφορικό
PO_4^{3-}	φωσφορικό	ClO_2^-	χλωριώδες	MnO_4^-	υπερμαγγανικό
OH^-	υδροξείδιο	ClO^-	υποχλωριώδες	$Cr_2O_7^{2-}$	διχρωμικό
NH_4^+	αμμώνιο	HSO_4^-	όξινο θειικό	CrO_4^{2-}	χρωμικό

• Ανάλογα πολυατομικά ιόντα με αυτά του Cl σχηματίζουν το Br, και το I, π.χ. BrO_3^- βρωμικό ιόν.

Αριθμός οξείδωσης

Ο αριθμός οξείδωσης (Α.Ο.) είναι μία συμβατική έννοια που επινοήθηκε για να διευκολύνει, μεταξύ άλλων, τη γραφή των χημικών τύπων.

➢ *Αριθμός οξείδωσης ενός ατόμου σε μία ομοιοπολική ένωση ορίζεται το φαινομενικό φορτίο που θα αποκτήσει το άτομο, αν τα κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων αποδοθούν στο ηλεκτραρνητικότερο άτομο. Αντίστοιχα, αριθμός οξείδωσης ενός ιόντος σε μια ιοντική ένωση είναι το πραγματικό φορτίο του ιόντος.*

Οι συνηθέστεροι αριθμοί οξείδωσης στοιχείων σε ενώσεις είναι αυτοί που αναγράφονται στον παρακάτω πίνακα:

χημικά σύμβολα → το αλφάβητο

χημικοί τύποι → το λεξιλόγιο

χημικές εξισώσεις (αντιδράσεις) → οι προτάσεις

Πίνακας 2.5 Συνήθεις τιμές Α.Ο. στοιχείων σε ενώσεις τους

Μέταλλα		Αμέταλλα	
K, Na, Ag	+1	F	-1
Ba, Ca, Mg, Zn	+2	H	+1 (-1)
Al	+3	O	-2 (-1, +2)
Cu, Hg	+1, +2	Cl, Br, I	-1(+1, +3, +5, +7)
Fe, Ni	+2, +3	S	-2 (+4, +6)
Pb, Sn	+2, +4	N, P	-3 (+3, +5)
Mn	**+2, +4, +7**	**C, Si**	**-4, +4**
Cr	+3, +6		

Για τον υπολογισμό των αριθμών οξείδωσης στοιχείων σε ενώσεις ακολουθούμε τους παρακάτω πρακτικούς κανόνες:

1. Κάθε στοιχείο σε ελεύθερη κατάσταση έχει Α.Ο. ίσο με το μηδέν.
2. Το Η στις ενώσεις του έχει Α.Ο ίσο με +1, εκτός από τις ενώσεις του με τα μέταλλα (υδρίδια) που έχει –1.
3. Το F στις ενώσεις του έχει πάντοτε Α.Ο ίσο με –1.
4. Το Ο στις ενώσεις του έχει Α.Ο ίσο με –2, εκτός από τα υπεροξείδια (που έχουν την ομάδα -O-O-), στα οποία έχει –1, και την ένωση OF_2 (οξείδιο του φθορίου), στην οποία έχει +2.
5. Τα αλκάλια, π.χ. Na, K, έχουν πάντοτε Α.Ο. +1, και οι αλκαλικές γαίες, π.χ. Ba, Ca, έχουν πάντοτε Α.Ο. +2 .
6. Το αλγεβρικό άθροισμα των Α.Ο όλων των ατόμων σε μία ένωση είναι ίσο με το μηδέν.
7. Το αλγεβρικό άθροισμα των Α.Ο όλων των ατόμων σε ένα πολυατομικό ιόν είναι ίσο με το φορτίο του ιόντος.

Παράδειγμα 2.4

Να υπολογισθούν οι αριθμοί οξείδωσης:
α) του S στο θειικό οξύ (H_2SO_4)
β) του P στο φωσφορικό ιόν (PO_4^{3-}).

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

α) Οι αριθμοί οξείδωσης για το Η είναι +1 και για το Ο είναι -2, άρα έχουμε:
$2(+1) + x + 4(-2) = 0 \Rightarrow x = +6$
β) Για το Ο ο αριθμός οξείδωσης είναι –2, άρα έχουμε:
$x + 4(-2) = -3 \Rightarrow x = +5$
δηλαδή, ο Α.Ο. του P στο φωσφορικό ιόν είναι +5.

Εφαρμογή

Να υπολογίσετε τους αριθμούς οξείδωσης:
α) του χρωμίου (Cr) στο διχρωμικό κάλιο ($K_2Cr_2O_7$) και
β) του άνθρακα (C) στο ανθρακικό ιόν (CO_3^{2-}).

Γραφή μοριακών τύπων ανόργανων χημικών ενώσεων

Κατ' αρχάς δεχόμαστε ότι η ανόργανη ένωση αποτελείται από δύο μέρη, που μπορεί να είναι άτομα ή ιόντα. Αν το πρώτο μέρος, π.χ. Α, έχει θετικό αριθμό οξείδωσης +χ, ενώ το δεύτερο τμήμα Β έχει αριθμό οξείδωσης –ψ, τότε ο μοριακός τύπος της ένωσης είναι $A_{\psi}B_{x}$.

Να παρατηρήσουμε ότι:

α. αν κάποιος δείκτης είναι 1, τότε αυτός παραλείπεται.

β. αν ο λόγος ψ:χ απλοποιείται, τότε προηγείται απλοποίηση πριν από τη γραφή του μοριακού τύπου.

Παράδειγμα 2.5

Να γραφούν οι μοριακοί τύποι των ενώσεων που αποτελούνται από:

α) Al^{+3} και SO_4^{2-}

β) Sn^{4+} και O^{2-}.

ΑΠΑΝΤΗΣΗ

α) $Al_2(SO_4)_3$

β) $Sn_2O_4 \rightarrow SnO_2$.

Εφαρμογή

Να γραφούν οι μοριακοί τύποι των ενώσεων που αποτελούνται από:

α) Ca^{2+} και CO_3^{2-}

β) Fe^{3+} και S^{2-}.

Ονοματολογία ανόργανων χημικών ενώσεων

Η χημική γλώσσα, τέλος, ολοκληρώνεται με την ονοματολογία των ενώσεων. Σε γενικές γραμμές η ονοματολογία των ενώσεων αποτελεί συνδυασμό των ονομάτων των δύο τμημάτων (Α, Β) της ένωσης. Να παρατηρήσουμε ότι στην Ελλάδα, σε αντίθεση με τις οδηγίες της IUPAC, οι ενώσεις διαβάζονται αντίθετα από ότι γράφονται. Δηλαδή, το δεύτερο τμήμα της ένωσης διαβάζεται πρώτο και το πρώτο τμήμα αυτής δεύτερο. Οι κανόνες που παρατίθενται παρακάτω αφορούν την ονομασία ανόργανων ενώσεων, με την προϋπόθεση ότι γνωρίζουμε το μοριακό τύπο αυτών.

α. Οι ενώσεις των μετάλλων (ή του ιόντος NH_4^+) με πολυατομικό ανιόν ονομάζονται με το όνομα του ανιόντος πρώτο και το όνομα του μετάλλου(ή NH_4^+) μετά. Επίσης, οι ενώσεις του υδρογόνου με πολυατομικά ανιόντα ονομάζονται με το όνομα του ανιόντος πρώτο και τη λέξη «οξύ» μετά. Π.χ.

K_2CO_3	ανθρακικό κάλιο
$Ca_3(PO_4)_2$	φωσφορικό ασβέστιο
NH_4ClO_3	χλωρικό αμμώνιο
H_2SO_4	θειικό οξύ
H_3PO_4	φωσφορικό οξύ

• Σύμφωνα με τις οδηγίες της IUPAC, στην ονοματολογία των ανόργανων ενώσεων προτάσσεται η ονομασία του πρώτου τμήματος και ακολουθεί η ονομασία του δεύτερου τμήματος, π.χ. SO_3 θείο τριοξείδιο.

• Εξαιρέσεις

HF υδροφθόριο
HCl υδροχλώριο
HBr υδροβρώμιο
HI υδροϊώδιο
H_2S υδρόθειο
HCN υδροκυάνιο.

β. Η ονομασία ένωσης μετάλλου (ή NH_4^+) με αμέταλλο προκύπτει από το όνομα του αμετάλλου με την κατάληξη -ούχο ή -ίδιο και ακολουθεί το όνομα του μετάλλου (ή NH_4^+). Να παρατηρήσουμε ότι, αν το μέταλλο έχει περισσότερους από έναν αριθμούς οξείδωσης, τότε μέσα σε παρένθεση αναγράφεται με λατινικό αριθμό ο αριθμός οξείδωσης στον οποίο αναφερόμαστε. π.χ.

$MgBr_2$	βρωμιούχο μαγνήσιο
FeS	θειούχος σίδηρος (II)
Fe_2O_3	οξείδιο σιδήρου (III)

γ. Η ένωση ενός μετάλλου με το υδροξείδιο ονομάζεται υδροξείδιο του μετάλλου. π.χ.

KOH	υδροξείδιο του καλίου,
$Al(OH)_3$	υδροξείδιο του αργιλίου

δ. Μερικές φορές δύο στοιχεία σχηματίζουν περισσότερες από μία ενώσεις. Για τη διάκριση αυτών, στις περιπτώσεις αυτές, χρησιμοποιούμε αριθμητικά προθέματα, που δείχνουν τον αριθμό ατόμων του δεύτερου στοιχείου. Π.χ.

CO	μονοξείδιο του άνθρακα
CO_2	διοξείδιο του άνθρακα
N_2O_5	πεντοξείδιο του αζώτου
PCl_5	πενταχλωριούχος φωσφόρος

Εφαρμογή

Δίνεται ο παρακάτω πίνακας:

	NO_3^-	ClO_2^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}	S^{2-}	OH^-	Cl^-	O^{2-}
Na^+								
Ca^{2+}								
Cu^{2+}								
Al^{3+}								
Fe^{3+}								
NH_4^+								
H^+								

α. Να συμπληρώσετε τον πίνακα γράφοντας σε κάθε κενό τον αντίστοιχο μοριακό τύπο, όπως δείχνει το παράδειγμα.
β. Να αριθμήσετε και να ονομάσετε τις 63 ενώσεις του πίνακα.
γ. Δίπλα από κάθε όνομα και χωρίς να βλέπετε τον πίνακα να γράψετε τον αντίστοιχο τύπο και στη συνέχεια να ελέγξετε τους τύπους με τους αντίστοιχους τύπους του πίνακα.

Γνωρίζεις ότι...

Μια περιοδεία στον περιοδικό πίνακα.....

(εμπνευσμένο από το περιοδικό βασίλειο του Atkins)

Καλώς ορίσατε στο περιοδικό βασίλειο. Τούτος ο τόπος είναι πραγματικός., όσο φανταστικός και αν φαίνεται. Είναι το βασίλειο των χημικών στοιχείων. Απ' τα στοιχεία αυτά φτιάχνονται οι πλανήτες, οι βράχοι, τα φυτά, τα ζώα, καθετί που μας περιβάλλει. Και εμείς οι ίδιοι στοιχεία είμαστε, οι εγκέφαλοί μας συντίθενται από στοιχεία, ακόμη και οι απόψεις μας, με κάποια έννοια, είναι ιδιότητες των στοιχείων. Είμαστε λοιπόν κάτοικοι στο ίδιο βασίλειο, στο περιοδικό βασίλειο.

Αριστερά μας, στη χώρα της δύσης, απλώνεται ο ***ορθογώνιος τομέας των στοιχείων s***. Εδώ βασιλεύουν τα δραστικά μέταλλα. Αυτά που Δε συναντάμε ποτέ ελεύθερα στη φύση, λόγω της εξαιρετικής τους δραστικότητας Και όσο προχωράμε προς τα νότια, τόσο η δράση αυξάνει. Να πάρουμε για παράδειγμα την αντίδρασή τους με το νερό Στην αρχή, στη βόρεια δυτική περιοχή του λίθιου (Li), το αποτέλεσμα της βροχής φαίνεται ασήμαντο. Η αντίδραση με το νερό είναι ήσυχη .Το έδαφος σιγοβράζει, και αναδίδει φυσαλίδες υδρογόνου. Ακριβώς παρακάτω, στο νάτριο (Na), το τοπίο αλλάζει. Εδώ η βροχή παλεύει με τον τόπο. Το έδαφος κοχλάζει και βράζει όποτε το κτυπά μία σταγόνα νερού. Στο κάλιο (K) τα πράγματα χειροτερεύουν. Εδώ το έδαφος όχι μόνο φουσκώνει και βράζει, αλλά πιάνει φωτιά και καίγεται το υδρογόνο που ελευθερώνει η αντίδραση. Ακόμα πιο νότια, στις περιοχές ρουβίδιου (Rb) και καίσιου (Cs) τα πράγματα γίνονται εκρηκτικά .Εδώ, κάθε σταγόνα νερού είναι και μια βόμβα που σκάει μόλις προσκρούσει στο έδαφος. Τούτη η περιοχή δεν είναι κατοικήσιμη, όταν βρέχει.

ΣΧΗΜΑ : Η δράση του νερού διαδοχικά, από αριστερά προς τα δεξιά στο Λίθιο (Li), Νάτριο (Na) και Κάλιο (K).

Ομως, η δραστικότητα αυτή των ***αλκαλίων*** δε σημαίνει ότι είναι άχρηστα. Το νάτριο για παράδειγμα, που βρίσκεται σε αφθονία στη φύση υπό μορφή άλατος, είναι συσιώδες συστατικό του νευρικού συστήματος και του εγκέφαλου μας, χωρίς αυτό θα ήμαστε άχρηστες μηχανές.

Δίπλα στα αλκάλια και στον ίδιο ορθογώνιο τομέα βρίσκονται οι αλκαλικές γαίες. Εδώ ανήκει το ασβέστιο (Ca), χωρίς αυτό δεν θα υπήρχαν σταθερά οικοδομήματα στις σύγχρονες κοινωνίες, αφού αποτελεί βασικό συστατικό της οικοδομικής, π.χ. μάρμαρα. Ούτε τα μέλη του ζωικού βασιλείου θα είχαν ποτέ αναπτύξει τα επιθετικά τους όπλα χωρίς αυτό (δόντια , χαυλιόδοντες κλπ.). Ακριβώς πάνω του είναι το μαγνήσιο (Mg), που αποτελεί το βασικό συστατικό της χλωροφύλλης, χωρίς αυτήν ο κόσμος θα είχε μιαν **αποπνικτική** ξέρα αντί του πράσινου παράδεισου της ζωής που γνωρίζουμε.

Αν διασχίσουμε προς τα αριστερά τη γέφυρα μετάβασης (μετάπτωσης), φτάνουμε στη χώρα της ανατολής, το δεξιό ***ορθογώνιο τμήμα των στοιχείων p***. Εδώ βρίσκεται η πιο εύφορη περιοχή του περιοδικού βασιλείου, που είναι αυτή του άνθρακα. Ο C διακρίνεται από τη μετριοπάθειά του, είναι καλόβολος στις σχέσεις του, δεν είναι ψηλομύτης, όπως ας πούμε το φθόριο. Στη χημεία, όπως πολλές φορές και στη ζωή, αυτό ανταμείβεται. Ο C με τη μετριοφροσύνη του επέβαλε τον εαυτό του ως βασιλιά του περιοδικού πίνακα. Μην ξεχνάτε ότι ο άνθρακας αποτελεί το βασικό συστατικό των 10 περίπου εκατομμυρίων οργανικών ενώσεων. Εδώ στην ανατολική χώρα τα μέταλλα είναι πολύ πιο ήρεμα. Για παράδειγμα, ο κασσίτερος (Sn) για χρόνια χρησιμοποιούνταν σαν προστατευτική επικάλυψη των χαλύβδινων σωλήνων στη κονσερβοποιία, προτού ο κοντινός βόρειος γείτονάς του, το αργίλιο (Al), αντικαταστήσει τόσο το σκελετό (σίδηρο) όσο και την επιδερμίδα (κασσίτερο) σχεδόν όλων των συσκευασιών ποτών, ακόμη κι εκείνων που είναι τόσο διαβρωτικά όσο τα ανθρακούχα αναψυκτικά.. Ο μόλυβδος (Pb), ο βόρειος γείτονας του κασσιτέρου, διήνυσε ακόμη μεγαλύτερη διαδρομή μέσα στην ιστορία

χάρη στη χημική του αδράνεια. Από την εποχή της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας μέχρι σήμερα χρησιμοποιείται για τη μεταγωγή του νερού, που είναι εξαιρετικά διαβρωτικό υγρό. Βέβαια ο μόλυβδος δεν είναι απολύτως αδρανής, κι έτσι, όταν μικρές ποσότητες αυτού εισέλθουν στον ανθρώπινο εγκέφαλο, προκαλούν διανοητική εξασθένηση.

Διασχίζοντας τη γραμμή των μεταλλοειδών φτάνουμε στην καρδιά της ανατολικής χώρας στο βασίλειο των αμετάλλων. Εδώ βρίσκουμε ορισμένες γνώριμες αόρατες αέριες περιοχές, όπως το άζωτο και το οξυγόνο. Το οξυγόνο είναι ζωτικής σημασίας. Το ίδιο απαραίτητο για τη ζωή είναι το άζωτο, γιατί οι πρωτείνες δομούνται από αυτό. Χάρη σ' αυτό μεταβιβάζεται η κληρονομικότητα, μέσω του DNA. Πιο κάτω διακρίνουμε το φώσφορο (P), που αποτελεί συστατικό των οστών. Ο P πέρα απ' αυτό έχει μία έντονη προσωπικότητα, που τον καθιστά ιδιαίτερο κατάλληλο να αποθηκεύει ενέργεια στους οργανισμούς, υπό μορφή ATP. Ένα σπουδαίο χαρακτηριστικό της ζωής είναι ότι δεν τελειώνει αστραπιαία, αλλά απαιτεί αργή εκτύλιξη και προσεκτική διάθεση ενέργειας. Μία μικρή ποσότητα ενέργειας εδώ, άλλη μία εκεί, όχι ένας αιφνίδιος κατακλυσμός. Ένα βήμα πιο δεξιά συναντάμε το θείο, ένα κίτρινο στερεό, που αποτελεί τη βάση για την παραγωγή του θειικού οξέος. Η παραγωγή του θειικού οξέος, που εμπλέκεται ισχυρά στη βιομηχανία λιπασμάτων, έχει χρησιμοποιηθεί ως δείκτης της απόδοσης της οικονομίας μιας χώρας. Να λοιπόν μία περίεργη συμμαχία: οι οργανισμοί με κύριο συστατικό τον *C*, χρησιμοποιούν οξέα, με κύριο συστατικό το *S*, ώστε να παράγουν λιπάσματα, με κύριο συστατικό το *P*, για να παράσχουν ενέργεια σε πρωτείνες, των οποίων το κύριο συστατικό είναι το *N*.

Ακριβώς πιο κάτω η περιοχή είναι δηλητηριασμένη με το αρσενικό (As). Η δραστικότητα του As ως δηλητηρίου προκύπτει από τη στενή ομοιότητά του με το φωσφόρο, η οποία του παρέχει τη δυνατότητα να διεισδύει σε αντιδράσεις που μετέχει ο P ενώ οι λεπτές διαφορές του συνωμοτούν στην απορύθμιση του μεταβολισμού του κυττάρου. Το As χρησιμοποιείται για να σκοτώνει καλοπροαίρετα, σε συγκεκριμένα φάρμακα που καταπολεμούν τις λοιμώξεις, και κακόβουλα, στα χημικά αέρια που προσβάλλουν τα νεύρα.
Πιο ανατολικά βρίσκονται τα αλογόνα Το φθόριο ξεχωρίζει, είναι πολύ δραστικό αέριο, που πολύ δύσκολα αποθηκεύεται εξ' αιτίας της ευκολίας που μετατρέπει τα δοχεία σε κόσκινα. Ευτυχές πάντως γεγονός είναι η χρήση του φθορίου ως παράγοντα σκλήρυνσης του σμάλτου των δοντιών και συμβάλλει σημαντικά στη συνολική βελτίωση της οδοντικής υγείας των εθνών. Το χλώριο, ακριβώς νότια, βρίσκεται σε μεγάλη αφθονία στο θαλασσινό νερό. Εκεί, αγκαλιά με το νάτριο, αποτελούν το επιτραπέζιο αλάτι. Το χλώριο υπάρχει άφθονο και στο σώμα μας, ο ρόλος του , όπως και στις θάλασσες, είναι κάπως παθητικός. Αποτελεί την ερωτική σύντροφο του νατρίου, και ο ρόλος του περιορίζεται σ' αυτό. Ωστόσο, σε αέρια μορφή το χλώριο παρουσιάζει έντονες ομοιότητες με το φθόριο, μπορεί να θανατώσει τόσο μικρόβια όσο και ανθρώπους. Αλλά μπορεί να ευθύνεται και για τη θανάτωση πληθυσμών με περισσότερο ανεπαίσθητους τρόπους: οι χλωράνθρακες και οι χλωροφθοράνθρακες, που χρησιμεύουν σαν ψυκτικά υγρά ή στα αεροζόλ , προκαλούν την τρύπα του όζοντος.

Στο τέλος του κόσμου, στην Άπω Ανατολή, βρίσκονται τα ευγενή αέρια, που αρνούνται έντονα τη χημική δράση Αυτή η έλλειψη δραστικότητας τα καθιστά χρήσιμα, γιατί μπορούν να δημιουργήσουν αδρανή ατμόσφαιρα όπου χρειαστεί.

Ανάμεσα στην ανατολική και στη δυτική χώρα εκτείνεται η γέφυρα μετάβασης (μετάπτωσης) με τα *στοιχεία d* . Εδώ φαίνεται η περιοχή εξερευνήθηκε από ανατολάς προς δυσμάς. Ο χαλκός βοήθησε την ανθρωπότητα να φύγει από την εποχή του λίθου και να οδηγηθεί στην εποχή του μετάλλου. Ο χαλκός αντέχει στη διάβρωση γι΄ αυτό και έχει ακόμα και σήμερα δύο βασικές χρήσεις: στην κατασκευή υδροσωλήνων και στη νομισματοκοπία. (Την ίδια φιλοσοφία ακολουθούν ο άργυρος και ο χρυσός, που χρησιμοποιούνται πολύ καιρό τώρα ως μέταλλα του εμπορίου, της διακόσμησης και της νομισματοκοπίας, λόγω κυρίως της ελκυστικής τους εμφάνισης, της σπανιότητάς τους και της ανθεκτικότητάς τους στη διάβρωση). Ακολούθησε η εποχή του σιδήρου που οδήγησε τον κόσμο στη βιομηχανική επανάσταση. Τέλος, έχουμε το τιτάνιο με τις ιδιότητες ακριβώς που χρειάζεται μία κοινωνία η οποία επιδίδεται στην υψηλή τεχνολογία, ώστε να κατακτήσει τους ουρανούς (κατασκευή διαστημοπλοίων). Είναι ένα μέταλλο σκληρό και ανθεκτικό στη διάβρωση, ωστόσο ελαφρό...

Καιρός όμως είναι να δούμε και τη νησιώτικη χώρα του περιοδικού πίνακα . Στα βόρεια της ηπειρωτικής χώρας, όπως περίπου η Ισλανδία στα βόρεια της Ευρώπης, βρίσκεται μια μοναχική, απομονωμένη περιοχή, το υδρογόνο (H). Το υδρογόνο παρά την απλότητά του έχει μία πληθωρική χημική συμπεριφορά και επιπλέον είναι το πιο άφθονο στοιχείο στο σύμπαν, το καύσιμο των άστρων.

Η στενή Νότια Νήσος, στα ανοικτά, αποτελεί το παράρτημα του πίνακα, εδώ κατοικούν τα στοιχεία f, οι λανθανίδες στη βόρεια λωρίδα και οι ακτινίδες στη νότια. Εδώ η περιοχή είναι αναξιοποίητη. Υπάρχουν λίγες περιοχές του βασιλείου οι οποίες μέχρι στιγμής δε χρησιμεύουν σε τίποτε (δεν έχουν αξιοποιηθεί ούτε από τη φύση ούτε από τη βιομηχανία). Υπάρχούν δύο βασικοί λόγοι γι΄ αυτό. Ο ένας είναι ότι το στοιχείο υπάρχει στον πλανήτη μας σε πολύ μικρές ποσότητες. Για παράδειγμα φέρνουμε το φράγκιο (Fr). Έχει εκτιμηθεί ότι οποιαδήποτε στιγμή σε ολόκληρη τη γη υπάρχουν μόνο δεκαεπτά περίπου άτομα Fr. Το ίδιο σπάνια είναι όλα τα υπερουράνια στοιχεία. Ο δεύτερος λόγος είναι η ραδιενέργεια. Όλα τα στοιχεία πέρα απ΄ το βισμούθιο είναι ραδιενεργά . Καθ΄ όλο το μήκος των νότιων ακτών υπάρχουν νεκροκεφαλές με σταυρωτά κόκαλα . Εδώ ακόμη και το ενδιαφέρον των χημικών αρχίζει να κάμπτεται και η επιφυλακτικότητα καταστέλλει την περιέργεια.

Ανακεφαλαίωση

1. Σύμφωνα με τον Bohr το άτομο αποτελείται από τον πυρήνα (θετικά πρωτόνια και ουδέτερα νετρόνια) και γύρω από τον πυρήνα σε καθορισμένες κυκλικές τροχιές περιστρέφονται τα ηλεκτρόνια (πλανητικό ατομικό μοντέλο).
2. Τα ηλεκτρόνια ενός ατόμου κατανέμονται σε στιβάδες. Ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων που μπορεί να πάρει καθεμία από τις τέσσερις πρώτες στιβάδες είναι $2n^2$, όπου n ο κύριος κβαντικός αριθμός.
3. Στο σύγχρονο περιοδικό πίνακα τα στοιχεία κατατάσσονται με βάση τον ατομικό τους αριθμό. Σύμφωνα με το σύγχρονο περιοδικό νόμο οι ιδιότητες των στοιχείων είναι περιοδική συνάρτηση του ατομικού τους αριθμού.
4. Οι οριζόντιες σειρές του πίνακα ονομάζονται περίοδοι και κατά μήκος αυτών υπάρχει βαθμιαία μεταβολή των ιδιοτήτων των στοιχείων. Οι κατακόρυφες στήλες του πίνακα ονομάζονται ομάδες και καταλαμβάνονται από στοιχεία με ανάλογες ιδιότητες.
5. Η χημική συμπεριφορά των στοιχείων καθορίζεται από την ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων τους (ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας) και την ατομική ακτίνα.
6. Τα δύο κυριότερα είδη χημικών δεσμών είναι ο ιοντικός ή ετεροπολικός δεσμός, που δημιουργείται με αποβολή και πρόσληψη ηλεκτρονίων, και ο ομοιοπολικός δεσμός, που δημιουργείται με αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων.
7. Ο ομοιοπολικός δεσμός που αναπτύσσεται μεταξύ ατόμων με διαφορετική ηλεκτραρνητικότητα, ονομάζεται πολικός ομοιοπολικός δεσμός.
8. Για τη γραφή και την ονομασία των χημικών ενώσεων θα πρέπει να γνωρίζουμε τους συμβολισμούς, τις ονομασίες και τα φορτία των ιόντων.
9. Ως αριθμός οξείδωσης (Α.Ο.) ενός ατόμου σε μία ομοιοπολική ένωση ορίζεται το φαινομενικό φορτίο που θα αποκτήσει το άτομο αν τα κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων αποδοθούν στο ηλεκτραρνητικότερο άτομο. Αντίστοιχα, Α.Ο. ενός ιόντος, σε μια ιοντική ένωση είναι το πραγματικό φορτίο του ιόντος.

Λέξεις Κλειδιά

άτομο
πυρήνας
πρωτόνιο
νετρόνιο
ηλεκτρόνιο
στιβάδα
κύριος κβαντικός αριθμός
περιοδικός πίνακας
ατομικός αριθμός
περίοδος
ομάδα
εξωτερική στιβάδα
χημικός δεσμός
ηλεκτρόνια εξωτερικής στιβάδας
ατομική ακτίνα
ιοντικός ή ετεροπολικός δεσμός
ιοντικός κρύσταλλος
ομοιοπολικός δεσμός
ηλεκτρονιακός τύπος
ηλεκτραρνητικότητα
πολικός ομοιοπολικός δεσμός
αριθμός οξείδωσης (Α.Ο)

Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα

Ερωτήσεις Επανάληψης

1 Τι ονομάζεται ηλεκτρονιακή στιβάδα; Πώς μεταβάλλεται η ενέργεια των ηλεκτρονιακών στιβάδων;

2 Πώς συμβολίζονται οι ηλεκτρονιακές στιβάδες και σε ποια τιμή του κύριου κβαντικού αριθμού (n) αντιστοιχεί η καθεμία από αυτές;

3 Ποιος είναι ο μέγιστος αριθμός ηλεκτρονίων σε κάθε ηλεκτρονιακή στιβάδα; Ποιος τύπος προσδιορίζει τον αριθμό αυτό;

4 Τι ισχύει για τον αριθμό των ηλεκτρονίων της εξωτερικής στιβάδας και τι για τον αριθμό των ηλεκτρονίων της πλησιέστερης προς την εξωτερική στιβάδα;

5 Να διατυπώσετε το σύγχρονο περιοδικό νόμο.

6 Τι είναι η περίοδος στον περιοδικό πίνακα; Πόσες περιόδους έχουμε στο σύγχρονο περιοδικό πίνακα;

7 Για το στοιχείο κάλιο (K), που βρίσκεται στην $4^η$ περίοδο του περιοδικού πίνακα, τι πληροφορία έχουμε;

8 Τι είναι η ομάδα στον περιοδικό πίνακα; Πόσες ομάδες έχουμε στο σύγχρονο περιοδικό πίνακα;

9 Για ποιο λόγο τα στοιχεία ενώνονται μεταξύ τους;

10 Πότε ένα στοιχείο μπορεί να σχηματίσει ιοντικό δεσμό;

11 Να περιγράψετε τρία διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ των ιοντικών και των ομοιοπολικών ενώσεων.

12 Τι ονομάζεται ηλεκτραρνητικότητα ενός στοιχείου;

13 Να δώσετε μερικούς κανόνες με τους οποίους μπορούμε να υπολογίσουμε τον αριθμό οξείδωσης ενός στοιχείου σε μία χημική ένωση.

Ασκήσεις - Προβλήματα

Ηλεκτρονιακή δομή των ατόμων
Ένα απλό μοντέλο για το άτομο

14 Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι λάθος;

α) Ηλεκτρόνια της ίδιας στιβάδας έχουν την ίδια ενέργεια.

β) Η στιβάδα L μπορεί να περιέχει 10 ηλεκτρόνια.

γ) Η εξωτερική στιβάδα (εκτός της K) περιέχει το πολύ 8 ηλεκτρόνια.

δ) Η στιβάδα O περιέχει για τα γνωστά μέχρι σήμερα στοιχεία, βάσει του τύπου $2n^2$, 50 ηλεκτρόνια.

15 Να συμπληρώσετε τις παρακάτω προτάσεις:

α) Το άτομο αποτελείται από τον πυρήνα, που περιέχει τα θετικά .... και τα ..... νετρόνια.
β) Γύρω από τον ..... κινούνται σε ..... τροχιές τα .....

16 Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι λάθος;
α) Η στιβάδα K αντιστοιχεί σε $n = 1$.
β) Η στιβάδα N αντιστοιχεί σε $n = 2$.
γ) Η στιβάδα L περιέχει το πολύ 8 ηλεκτρόνια.
δ) Για τις στιβάδες K και L ισχύει $E_K < E_L$.

17 Να συμπληρώσετε τον πίνακα:

	p	n	e	ΣΤΙΒΑΔΕΣ K	L	M	N
$^{24}_{12}Mg$							
$^{39}_{19}K$							
$^{35}_{17}Cl$							
Mg^{2+}							
K^{+}							
Cl^{-}							

18 Το άτομο του φωσφόρου έχει 5 ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα, η οποία είναι η M. Ποιος είναι ο ατομικός αριθμός του φωσφόρου;

Περιοδικός Πίνακας

19 Για το στοιχείο (Al), που βρίσκεται στην ΙΙΙΑ ομάδα του περιοδικού πίνακα, τι πληροφορία έχουμε;

20 Να συμπληρώσετε τις παρακάτω προτάσεις:
α) Ένα στοιχείο που βρίσκεται στην $5^η$ περίοδο έχει τα ηλεκτρόνιά του κατανεμημένα σε ... .
β) Ένα στοιχείο που βρίσκεται στην VIIA ομάδα περιέχει ... . στην ..... στιβάδα.

21 Για το άτομο του νατρίου (Na) δίνεται ο ατομικός του αριθμός: $Z = 11$.
Σε τι μοιάζει και σε τι διαφέρει το ιόν του νατρίου από το άτομο του προηγούμενού του ευγενούς αερίου και από το ιόν του επόμενού του στοιχείου στον περιοδικό πίνακα;
Σε ποια ομάδα και σε ποια περίοδο του περιοδικού πίνακα ανήκει το καθένα από τα παραπάνω τρία στοιχεία;

22 Να συμπληρώσετε τις παρακάτω προτάσεις:

α) Στο σύγχρονο περιοδικό πίνακα τα στοιχεία είναι τοποθετημένα κατά αύξοντα …… …… .

β) Οι ιδιότητες των στοιχείων είναι …… ……του …… αριθμού τους.

γ) Το χλώριο (Cl) και το βρώμιο (Br) έχουν παρόμοιες μεθόδους παρασκευής και παρόμοιες χημικές ιδιότητες και ανήκουν στην…… …… του περιοδικού πίνακα.

δ) Το νάτριο (Na) και το αργίλιο (Al) έχουν τα ηλεκτρόνιά τους κατανεμημένα στον ίδιο αριθμό στιβάδων και ανήκουν στην …… …… του περιοδικού πίνακα.

23 Έχουμε αναφέρει ότι στοιχεία που βρίσκονται στην ίδια ομάδα του περιοδικού πίνακα παρουσιάζουν ανάλογες φυσικές ιδιότητες.

Η VIA ομάδα του περιοδικού πίνακα περιέχει κατά σειρά τα στοιχεία: O(Z=8), S(Z=16), Se(Z=34), Te(Z=52) και Po (Z=84). Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα:

πυκνότητα /g cm^{-3}	στοιχείο	ατομική ακτίνα/Å	στοιχείο
2,07		1,04	
6,25		1,43	
$1,43\ 10^{-3}$		0,73	O
9,4	Po	1,17	
4,81		1,67	

24 Έχουμε αναφέρει ότι στοιχεία που βρίσκονται στην ίδια ομάδα του περιοδικού πίνακα παρουσιάζουν ανάλογες φυσικές ιδιότητες.

Η ομάδα των ευγενών αερίων περιέχει κατά σειρά τα στοιχεία: He (Z=2), Ne (Z=10), Ar (Z=18), Kr (Z=36), Xe (Z=54), Rn (Z=86).

Να συμπληρώσετε τον παρακάτω πίνακα:

σημείο βρασμού/ K	στοιχείο	πυκνότητα / g L^{-1}	στοιχείο
120		0,90	
27,1		1,78	
4,2		0,18	He
87,3		5,90	
211	Rn	9,73	
165		3,75	

25 Να συμπληρώσετε τον πίνακα:

Στοιχείο	Ηλεκτρονιακή Δομή σε Στιβάδες					Ομάδα	Περίοδος
	K	L	M	N	O		
H	1	-	-	-	-		
Ca	2	8	8	2	-		
Br	2	8	18		-	VIIA	
O	2		-	-	-	VIA	2
Na	2	8		-	-	IA	

26 Να δώσετε δύο παραδείγματα στοιχείων για καθεμία από τις παρακάτω ομάδες του περιοδικού πίνακα:
α) αλκάλια β) αλκαλικές γαίες γ) αλογόνα δ) ευγενή αέρια.

* **27** Να ταξινομήσετε τα παρακάτω στοιχεία σε ομάδες, όπου τα στοιχεία θα παρουσιάζουν παρόμοιες χημικές ιδιότητες K (Z=19), F (Z=9), P (Z=15), Na (Z=11), Cl (Z=17) και N (Z=7).

28 Να συμπληρώσετε την πρόταση:
Τα στοιχεία του περιοδικού πίνακα που βρίσκονται κατά μήκος μιας οριζόντιας σειράς του αποτελούν μία ..... αυτού και έχουν:
α) τις ίδιες ιδιότητες
β) τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων στην εξωτερική στιβάδα
γ) τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονιακών στιβάδων
δ) τον ίδιο ατομικό αριθμό
ε) τον ίδιο μαζικό αριθμό
Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

29 Να συμπληρώσετε την πρόταση:
Τα στοιχεία του περιοδικού πίνακα που βρίσκονται κατά μήκος της ίδιας κατακόρυφης στήλης του αποτελούν μία ..... αυτού και έχουν:
α) παρόμοιες ιδιότητες
β) παραπλήσιο ατομικό αριθμό
γ) τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονιακών στιβάδων
δ) την ίδια ατομική ακτίνα
Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

* **30** Ποια από τα στοιχεία Α, Β, Γ, Δ και Ε με αντίστοιχους ατομικούς αριθμούς 16, 12, 8, 20 και 38 έχουν παρόμοιες ιδιότητες;

* **31** Το μαγνήσιο (Mg) βρίσκεται στην $3^η$ περίοδο του περιοδικού πίνακα, ενώ το ιόν αυτού Mg^{2+} έχει δομή ευγενούς αερίου. Με βάση αυτά τα δεδομένα προκύπτει για το μαγνήσιο ότι:

α) έχει ατομικό αριθμό 8 και βρίσκεται στην VIA ομάδα
β) έχει ατομικό αριθμό 12 και βρίσκεται στην IVA ομάδα
γ) έχει ατομικό αριθμό 16 και βρίσκεται στην VIA ομάδα
δ) έχει ατομικό αριθμό 12 και βρίσκεται στην IIA ομάδα

* **32** Αν τα ιόντα A^+ και B^{3-} έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων με το ευγενές αέριο Ar (Z=18):

i) να βρείτε τους ατομικούς αριθμούς των στοιχείων A και B.
ii) τα στοιχεία A και B βρίσκονται:
α) στην ίδια περίοδο και σε διαφορετική ομάδα
β) στην ίδια ομάδα και σε διαφορετική περίοδο
γ) σε διαφορετική ομάδα και σε διαφορετική περίοδο
δ) στην ίδια ομάδα και στην ίδια περίοδο
Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

* **33** Να γράψετε το σύμβολο του κατιόντος X^{2+} και του ανιόντος $Ψ^-$ που να έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων με το ευγενές αέριο Ne (Z=10). Δίνονται τα σύμβολα των 18 πρώτων στοιχείων κατά σειρά αυξανόμενου ατομικού αριθμού: H, He, Li, Be, B, C, N, O, F, Ne, Na, Mg, Al, Si, P, S, Cl, Ar.

34 Ποιος είναι ο ατομικός αριθμός του στοιχείου που βρίσκεται στην $3^η$ περίοδο του περιοδικού πίνακα και στην VA ομάδα;

35 Ποιος είναι ο ατομικός αριθμός του στοιχείου που βρίσκεται:
α) στην $2^η$ περίοδο και στην VIA ομάδα
β) στην $3^η$ περίοδο και στην VIIA ομάδα του περιοδικού πίνακα

36 Τα στοιχεία που έχουν εξωτερική στιβάδα την N σε ποια περίοδο ανήκουν;

α) στην $5^η$ β) στην $2^η$
γ) στην $4^η$ δ) στην $7^η$

37 Τα στοιχεία που έχουν στην εξωτερική τους στιβάδα τρία ηλεκτρόνια σε ποια από τις παρακάτω ομάδες του περιοδικού πίνακα ανήκουν;

α) στην VA β) στην IIB
γ) στην IIIA δ) στην VIIA

Χημικοί Δεσμοί

38 Να συμπληρώσετε τις παρακάτω προτάσεις:
α) Τα ευγενή αέρια έχουν στην εξωτερική τους στιβάδα ..... ηλεκτρόνια εκτός από το ..... που έχει στην ..... στιβάδα ..... ηλεκτρόνια.

β) Το χλώριο (Cl), που είναι στοιχείο της VIIA ομάδας του περιοδικού πίνακα, έχει στην εξωτερική του .... ηλεκτρόνια και ..... ή συνεισφέρει ..... ώστε να αποκτήσει δομή ..... αερίου.

γ) Το νάτριο (Na), που είναι στοιχείο της IA ομάδας του περιοδικού πίνακα, με δομή ηλεκτρονίων (2,8,1), για να αποκτήσει δομή ..... αερίου, ... ένα ηλεκτρόνιο.

δ) Η ατομική ακτίνα καθορίζει το ..... του ..... .

39 Να εξηγήσετε γιατί δεν πρέπει να χρησιμοποιείται η έννοια του μορίου στην περίπτωση του $CaCl_2$ (χλωρισύχο ασβέστιο). Τι ακριβώς μας δείχνει ο χημικός τύπος στις ιοντικές ενώσεις;

40 Ποια είναι η διαφορά μεταξύ του ομοιοπολικού δεσμού που σχηματίζεται μεταξύ ατόμων του ίδιου στοιχείου και μεταξύ ατόμων διαφορετικών στοιχείων; Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

* **41** Δίνονται τα στοιχεία Α και Β. Το στοιχείο Α ανήκει στην IIA ομάδα και στην $4^η$ περίοδο, ενώ το στοιχείο Β ανήκει στην VIIA ομάδα και στην $3^η$ περίοδο του περιοδικού πίνακα. Να εξηγήσετε τι είδους δεσμό μπορούν να σχηματίσουν τα παραπάνω στοιχεία. Ποιος είναι ο μοριακός τύπος της ένωσης που θα σχηματίσουν; Τι δείχνει ο τύπος αυτός;

* **42** Δίνονται τα στοιχεία Γ και Δ. Το στοιχείο Γ ανήκει στην IA ομάδα και στην $1^η$ περίοδο, ενώ το στοιχείο Δ ανήκει στην VIIA ομάδα και στη $2^η$ περίοδο του περιοδικού πίνακα. Να εξηγήσετε τι είδους δεσμό μπορούν να σχηματίσουν τα παραπάνω στοιχεία. Ποιος είναι ο μοριακός τύπος της ένωσης που θα σχηματίσουν; Τι δείχνει ο τύπος αυτός;

* **43** Να περιγράψετε τον τρόπο σχηματισμού των ιοντικών ενώσεων μεταξύ:

α) του καλίου ($_{19}K$) και του φθορίου ($_9F$).

β) του μαγνησίου ($_{12}Mg$) και του θείου ($_{16}S$).

γ) του ασβεστίου ($_{20}Ca$) και του υδρογόνου ($_1H$).

* **44** Να γράψετε τους ηλεκτρονιακούς τύπους των ομοιοπολικών ενώσεων: α) τριχλωρισύχος φωσφόρος: PCl_3, β) μεθάνιο: CH_4, γ) χλωροφόρμιο: $CHCl_3$. Οι ατομικοί αριθμοί των στοιχείων P, Cl, C, H είναι αντίστοιχα: 15, 17, 6, 1.

45 Η ένωση NaCl (χλωρισύχο νάτριο) είναι ένωση ομοιοπολική ή ετεροπολική;

Είναι ..... γιατί:

α) βρίσκεται σε συνηθισμένες συνθήκες σε στερεά κατάσταση

β) σχηματίζεται με μεταφορά ηλεκτρονίων από τα άτομα του χλωρίου στα άτομα του νατρίου

γ) αποτελείται από μόρια που το καθένα έχει δύο ανόμοιους πόλους

δ) Αποτελείται από μόρια που το καθένα έχει δύο όμοιους πόλους

ε) σχηματίζεται με μεταφορά ηλεκτρονίων από τα άτομα του νατρίου στα άτομα του χλωρίου

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

*** 46** Στα κενά του παρακάτω πίνακα να συμπληρώσετε:
α) Το γράμμα Ο, αν η ένωση που σχηματίζουν τα αντίστοιχα στοιχεία είναι ομοιοπολική,
β) το γράμμα Ε αν η αντίστοιχη ένωση είναι ετεροπολική και
γ) το γράμμα Χ αν τα αντίστοιχα στοιχεία δε σχηματίζουν χημική ένωση.

	$_{17}Cl$	$_{16}S$	$_{20}Ca$
$_{1}H$			
$_{11}Na$			
$_{6}C$			
$_{10}Ne$			

Να γράψετε επίσης στο κάθε κενό τον τύπο της χημικής ένωσης που σχηματίζεται.

*** 47** Να περιγράψετε τους δεσμούς (δίνοντας και τον ηλεκτρονιακό τύπο) στο μόριο του αιθανίου, που έχει χημικό τύπο C_2H_6. Δίνεται ότι τα άτομα του άνθρακα στο μόριο αυτό ενώνονται μεταξύ τους με έναν απλό ομοιοπολικό δεσμό. Πόσα είδη ομοιοπολικών δεσμών διακρίνετε στο μόριο του C_2H_6; Να τεκμηριώσετε την απάντηση σας.. Δίνονται οι ατομικοί αριθμοί: Για τον άνθρακα $Z = 6$ και για το υδρογόνο $Z = 1$.

*** 48** Να χαρακτηρίσετε με Σ τις προτάσεις που είναι σωστές και με Λ αυτές που είναι λανθασμένες, και να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.
α) Το Na με δομή (2,8,1) αποβάλλει πιο εύκολα ηλεκτρόνια από ότι το K με δομή (2,8,8,1).
β) Το F με δομή (2,7) προσλαμβάνει πιο εύκολα ηλεκτρόνια από ότι το Cl με δομή (2,8,7).
γ) Το Ca με δομή (2,8,8,2) δημιουργεί το ίδιο εύκολα χημικές ενώσεις όπως και το Kr (2,8,18,8) με ένα τρίτο στοιχείο π.χ. το Cl που έχει δομή (2,8,7).
δ) Το Na με δομή (2,8,1) έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα από το Al με δομή (2,8,3).
ε) Το Ca με δομή (2,8,8,2) έχει μεγαλύτερη ατομική ακτίνα από το Mg με δομή (2,8,2).

*** 49** Δίνονται οι ατομικοί αριθμοί του άνθρακα (C): Z=6 και του υδρογόνου (H): Z=1.
Τα δύο αυτά στοιχεία σχηματίζουν τρεις ομοιοπολικές ενώσεις, την Α με τύπο C_2H_x, τη Β με τύπο C_2H_ψ και τη Γ με τύπο C_2H_ω. Αν είναι γνωστό ότι η ένωση Α έχει ένα απλό ομοιοπολικό δεσμό μεταξύ των ατόμων του άνθρακα, η ένωση Β έχει ένα διπλό ομοιοπολικό δεσμό μεταξύ των ατόμων του άνθρακα και η ένωση Γ έχει ένα τριπλό ομοιοπολικό δεσμό μεταξύ

των ατόμων του άνθρακα, να δώσετε τους ηλεκτρονικούς τύπους των ενώσεων Α, Β και Γ περιγράφοντας τον τρόπο δημιουργίας των δεσμών. Πόσα και ποια είδη δεσμών υπάρχουν στις ενώσεις Α, Β και Γ;

50 Να εξηγήσετε για μία ιοντική ένωση ποια από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστή:

α) Η έννοια του μορίου εκφράζει την ένωση αυτή.

β) Ασκούνται μεταξύ των ατόμων δυνάμεις ηλεκτρομαγνητικής φύσης.

γ) Όλες οι ιοντικές ενώσεις είναι αέρια σώματα.

δ) Στα κρυσταλλικά πλέγματά τους υπάρχουν ιόντα αντίθετα φορτισμένα..

* **51** Να κατατάξετε τα παρακάτω μόρια σε ομοιοπολικά πολικά και ομοιοπολικά μη πολικά: α) HCl β) N_2 γ) NH_3 δ) Cl_2

Να αιτιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

52 Ποιοι από τους παρακάτω δεσμούς βρίσκονται στο μόριο του οξυγόνου; Για το οξυγόνο: $Z=8$.

α) διπλός ομοιοπολικός δεσμός

β) τριπλός ομοιοπολικός δεσμός μη πολικός

γ) διπλός ομοιοπολικός μη πολικός δεσμός

δ) ιοντικός

ε) δεν σχηματίζεται δεσμός, γιατί είναι μονοατομικό στοιχείο.

Αριθμός Οξείδωσης - Γραφή Χημικών Τύπων - Ονοματολογία

53 Να συμπληρώσετε τις παρακάτω προτάσεις:

α) Ο αριθμός οξείδωσης είναι ένας αριθμός που δείχνει το..... φορτίο ενός ..... ή το φαινομενικό .....ενός .....σε μία ....

β) Κάθε στοιχείο σε ελεύθερη ..... έχει αριθμό οξείδωσης ίσο με ..... .

γ) Το αλγεβρικό άθροισμα των .... όλων των ..... σε μία χημική ένωση είναι ίσο με ..... .

δ) Το αλγεβρικό άθροισμα των .... όλων των ατόμων σε ένα .... είναι ίσο με το φορτίο του ..... .

54 Να υπολογίσετε τον αριθμό οξείδωσης των στοιχείων στις παρακάτω ενώσεις:

α) του S στο Na_2SO_4

β) του N στο KNO_3

γ) του P στο H_3PO_4

55 Να υπολογίσετε τον αριθμό οξείδωσης των στοιχείων στα παρακάτω ιόντα:

α) του C στο CO_3^{2-}

β) του I στο IO_3^-

γ) του S στο HSO_3^-.

56 Να χαρακτηρίσετε με Σ τις προτάσεις που είναι σωστές και με Λ τις προτάσεις που είναι λανθασμένες:

α) Το χλώριο (Cl_2) σε ελεύθερη κατάσταση έχει αριθμό οξείδωσης -1.

β) Το θείο (S) στο H_2S έχει αριθμό οξείδωσης -2.

γ) Το χλώριο (Cl) στο ClO_3^- έχει αριθμό οξείδωσης +4.

δ) Το θείο (S) στο $Fe_2(SO_4)_3$ έχει αριθμό οξείδωσης +6.

57 Ο αριθμός οξείδωσης του θείου στο $Al_2(SO_4)_3$ είναι:

α) –2 β) +4 γ) +5 δ) +6.

Να επιλέξετε τη σωστή απάντηση.

58 Να υπολογίσετε τον αριθμό οξείδωσης των στοιχείων στις παρακάτω ενώσεις:

α) του N στις ενώσεις: NH_3, N_2O, NO, N_2O_3, $Ba(NO_3)_2$.

β) του C στις ενώσεις: CH_4, CH_3OH, HCHO, $CHCl_3$, CCl_4.

• Δίνονται οι αριθμοί οξείδωσης των στοιχείων: H =+1, O = -2, Ba =+2, Cl = -1.

59 Να συνδυάσετε τα γράμματα με τους αντίστοιχους αριθμούς:

α) Στοιχείο: P	αριθμός οξείδωσης
1. PH_3	α. +3
2. P_2O_3	β. -3
3. $AlPO_4$	γ. 0
4. P_4	δ. +5

β) Στοιχείο: Cl	αριθμός οξείδωσης
1. HCl	α. +7
2. ClO_3^-	β. +5
3. $HClO_4$	γ. +3
4. Cl_2	δ. –1
5. ClO_2^-	ε. 0

60 Για να γράψουμε σωστά το μοριακό τύπο μιας ένωσης που αποτελείται από δύο στοιχεία πρέπει να γνωρίζουμε:

α) τους μαζικούς αριθμούς των στοιχείων

β) τους ατομικούς αριθμούς των στοιχείων

γ) τους αριθμούς οξείδωσης των στοιχείων

δ) τις ατομικότητες των στοιχείων

ε) τα σύμβολα των στοιχείων

Ποια ή ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;

61 Να γράψετε τους μοριακούς τύπους των ενώσεων:

1. χλωριούχο ασβέστιο, 2. ιωδιούχο κάλιο, 3. υδροξείδιο του ασβεστίου, 4. νιτρικός άργυρος, 5. χλωρικό κάλιο, 6. θειούχο μαγνήσιο, 7. ανθρακικό νάτριο, 8. θειϊκό αργίλιο, 9. θειϊκός σίδηρος (II), 10. ανθρακικό αργίλιο, 11. οξείδιο του νατρίου, 12. βρωμιούχος ψευδάργυρος, 13. φωσφορικό μαγνήσιο, 14. υδρόθειο, 15. φθοριούχος μόλυβδος (II), 16. αζωτούχο αργίλιο, 17. φωσφορικό αμμώνιο, 18. κυανιούχο κάλιο, 19. χλωρικό ασβέστιο, 20. αμμωνία.

62 Να ονομάσετε τις παρακάτω ενώσεις:

1. K_2O	6. Al_2S_3	11.$Ca(NO_3)_2$	16. $FePO_4$
2. $Ba(OH)_2$	7. $Zn(NO_3)_2$	12. $CaCO_3$	17. KNO_3
3. NaI	8. $FeBr_3$	13. NO_2	18. H_2S
4. $CaCl_2$	9. NH_3	14. CuOH	19. H_3PO_4
5. $HClO_3$	10. MgO	15$(NH_4)_2SO_4$	20. HCN

63 Να αντιστοιχίσετε τα γράμματα με τους σωστούς αριθμούς

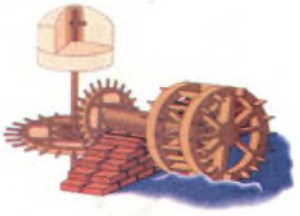
Α. H_2SO_4	
Β. $Ba(OH)_2$	1. οξείδιο του αργιλίου
Γ. CO_2	2. υδροχλώριο
Δ. AlH_3	3. υδρογονούχο αργίλιο
Ε. Al_2O_3	4. θειικό οξύ
Ζ. Al_2S_3	5. διοξείδιο του άνθρακα
Η. HCl	6.υδροξείδιο του βαρίου
Θ. $Al_2(SO_3)_3$	7. θειώδες αργίλιο
	8. θειούχο αργίλιο

64 Δίνεται ο παρακάτω πίνακας:

	BrO_3^-	CO_3^{2-}	HSO_4^-	SO_4^{2-}	OH^-	I^-	O^{2-}
K^+							
Ba^{2+}						* BaI_2	
Cu^+							
Fe^{2+}							
Al^{3+}							
H^+							

α) Να συμπληρώσετε τον πίνακα γράφοντας σε κάθε κενό τον αντίστοιχο μοριακό τύπο, όπως δείχνει το παράδειγμα *.

β) Να αριθμήσετε και να ονομάσετε τις 42 ενώσεις του πίνακα.



Δραστηριότητα

Ατομικά πρότυπα - ερευνητές - χρονολογική εξέλιξη

Παρακάτω δίνονται:
1. Ονόματα φιλοσόφων, επιστημόνων και ερευνητών που συνέβαλαν στην εξέλιξη των αντιλήψεων γύρω από το «άτομο», χωρίς χρονολογική, ή πολύ περισσότερο, αξιολογική σειρά.
2. Τα κυριότερα «ατομικά πρότυπα».
Προσπαθήστε να τα τοποθετήσετε σε μία χρονολογική σειρά και ταυτόχρονα να τα αντιστοιχίσετε με τους ερευνητές που τα πρότειναν.

Φιλόσοφοι -Ερευνητές
Αλχημιστές, Albert Einstein, Αριστοτέλης, Geiger, Becquerel, Robert Millikan, Neils Bohr, Pauli, Sommerfield, Chadwick, Lavoisier, Coulomb, Max Planck, Crookes, Ernest Rutherford, Οι Curies, Erwin Schrödinger, John Dalton, J.J.Thomson, Δημόκριτος, Glen T. Seaborg, Otto Hahn, Lise Meitner, W.K. Röntgen

Ατομικά πρότυπα
Αδιαίρετο, μία μικρή στερεή σφαίρα, το πρότυπο του ηλεκτρονιακού νέφους, πλανητικό πρότυπο, το πρότυπο του «σταφιδόψωμου».
Στην αναφορά αυτή, όπου είναι δυνατόν, να δώσετε και εικόνες των προτύπων, καθώς, και τα πειράματα που υποστηρίζουν κάθε φορά το πρότυπο.
Πληροφορίες σχετικά με το θέμα μπορείτε να αντλήσετε από το Internet.

Απαντήσεις στις ασκήσεις πολλαπλής επιλογής ή σωστού λάθους

14. β, δ
16. β
18. 15
27. (K, Na), (F, Cl), (P, N)
28. γ
29. α
30. (Α-Γ) και (Β, Δ, Ε)
31. δ
32. i) το Α έχει Z=19 και το Β έχει Z =15
ii) γ
33. το Χ είναι το Mg και το Ψ είναι το F
34. 15
35. α) 8 και β) 17
36. γ
37. γ
45. είναι ετεροπολική, το ε
48. Λ είναι τα α, γ
Σ είναι τα β, δ, ε
50. δ
52. α και γ
54. α) +6, β) +5, γ) +5
55. α) +4, β) +5, γ) +4
56. Λ είναι τα α, γ
Σ είναι τα β, δ
57. δ
58. α) -3, +1, +2, +3, +5
β) -4, -2, 0, +2, +4
59. P: (1-β), (2-α), (3-δ), (4-γ)
Cl: (1-δ), (2-β), (3-α), (4-ε), (5-γ)
60. γ και ε
63. (Α-4), (Β-6), (Γ-5), (Δ-3), (Ε-1), (Ζ-8), (Η-2), (Θ-7

2. ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ – ΔΕΣΜΟΙ

14. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

15. α) (φορτισμένα πρωτόνια) (ουδέτερα)
β) (πυρήνα) (καθορισμένες) (ηλεκτρόνια)

16. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου

17.

	p	n	e	K	L	M	N
$_{12}^{24}Mg$	12	12	12	2	8	2	–
$_{19}^{39}K$	19	20	19	2	8	8	1
$_{17}^{35}Cl$	17	18	17	2	8	7	–
Mg^{2+}	12	12	10	2	8	–	–
K^{+}	19	20	18	2	8	8	–
Cl^{-}	17	18	18	2	8	8	–

18. Αφού η εξωτερική στιβάδα είναι η M, το άτομο του φωσφόρου έχει κατανεμημένα τα ηλεκτρόνιά του σε τρεις στιβάδες. με κατανομή 2, 8, 5 (από τα δεδομένα). Υπάρχουν λοιπόν συνολικά 15 e άρα και, σε ουδέτερο άτομο, 15 πρωτόνια (Z =15).

19. Αφού το Al βρίσκεται στην ΙΙΙΑ ομάδα του περιοδικού πίνακα θα έχει στην εξωτερική του στιβάδα 3 ηλεκτρόνια.

20. α) (πέντε στιβάδες) β) (επτά ηλεκτρόνια) (εξωτερική)

21. Το ουδέτερο άτομο του $_{11}Na$ έχει 11 p και 11 e. Το Na^{+} το οποίο δημιουργείται με αποβολή 1e θα έχει 11 p και 10 e. Το ευγενές αέριο το οποίο προηγείται του Na έχει Z=10 και συνεπώς 10 p και 10e.
Το αμέσως επόμενο του Na στοιχείου θα έχει Z=12 και το ιόν του θα προκύπτει με αποβολή 2e, δηλαδή θα περιέχει 12 p και 10e.

Άρα το ιόν του Na, Na^+, έχει τον ίδιο αριθμό e με το προηγούμενό του ευγενές αέριο και με το ιόν του επομένου του στοιχείου, Mg^{2+} (*ισοηλεκτρονικά*).

22. α) (ατομικό αριθμό) β) (περιοδική συνάρτηση) (ατομικού) γ) (ίδια ομάδα) δ) (ίδια περίοδο)

23. Πυκνότητα (g/mL): $1,43 \cdot 10^{-3}$ →O, 2,07→S, 4,81→ Se, 6,25→Te, 9,4→Po
Ατομική ακτίνα (Å): 0,73→O , 1,04 →S , 1,17 →Se, 1,43 →Te , 1,67 →Po.

24. Σημείο βρασμού (K): 4,2 →He , 27,1 →Ne , 87,3→Ar , 120 →Kr , 165 →Xe , 211 →Rn

24. Πυκνότητα (g/L): 0,18 →He, 0,90 →Ne, 1,78 →Ar , 3,75 →Kr, 5,90 →Xe , 9,73 →Rn.

25.

Στοιχείο	Ηλεκτρονιακή δομή K	L	M	N	O	Ομάδα	Περίοδος
H	1	-	-	-	-	IA	1η
Ca	2	8	8	2	-	ΙΙΑ	4η
Br	2	8	18	7	-	VIIA	4η
O	2	6	-	-	-	VIA	2η
Na	2	8	1			IA	3η

26. α) Na, K β) Ca, Mg γ) Cl, Br δ) He, Xe

27. Η κατανομή των ηλεκτρονίων σε στιβάδες για τα παρακάτω στοιχεία είναι: K(2,8,8,1), F(2,7), P(2,8,5), Na(2,8,1), Cl (2,8,7), N(2,5).
Παρόμοιες χημικές ιδιότητες παρουσιάζουν τα στοιχεία που έχουν τον ίδιο αριθμό e στην εξωτερική τους στιβάδα (ανήκουν στην ίδια κύρια ομάδα του π.π.) δηλαδή τα: α) K, Na β) F, Cl και γ) P, N.

28. (περίοδο). Σωστή απάντηση είναι η γ) τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονιακών στιβάδων

29. (ομάδα). Σωστή απάντηση είναι η α) Παρόμοιες ιδιότητες.

30. Η κατανομή των e σε στιβάδες για τα παρακάτω στοιχεία είναι: Α(2,8,6) Β(2,8,2) Γ(2,6) Δ(2,8,8,2) Ε(2,8,18,8,2). Παρόμοιες ιδιότητες παρουσιάζουν τα στοιχεία τα οποία έχουν τον ίδιο αριθμό ηλεκτρονίων στην εξωτερική τους στιβάδα (ανήκουν στην ίδια κύρια ομάδα του περιοδικού πίνακα) δηλαδή τα : α) Α και Γ και β) Β, Δ και Ε.

31. Αφού το Mg βρίσκεται στην τρίτη περίοδο του περιοδικού πίνακα θα έχει τα ηλεκτρόνια του κατανεμημένα σε 3 στιβάδες και αφού το ιόν του έχει φορτίο 2+ δημιουργήθηκε από την αποβολή 2 ηλεκτρονίων της εξωτερικής του στιβάδας. Άρα η κατανομή των ηλεκτρονίων του σε στιβάδες είναι 2,8,2 και έχει Z=12. Άρα η σωστή απάντηση είναι η δ.

32. i) Το ευγενές αέριο αργό (Ar), έχει 18 e. Άρα από 18 e έχουν και τα ιόντα A^+ και B^{3-}. Άρα το άτομο του Α έχει 19 e και το άτομο του Β έχει 15 e, δηλαδή το Α έχει Z=19 και το Β έχει Z=15.
ii) Η κατανομή των ηλεκτρονίων είναι για το Α (2,8,8,1) και Β (2,8,5). Τα στοιχεία βρίσκονται σε διαφορετική περίοδο και σε διαφορετική ομάδα, άρα η σωστή απάντηση είναι η γ.

33. Το ευγενές αέριο Ne έχει 10 e. Αφού το κατιόν X^{2+} έχει 10 e το άτομο Χ είναι το στοιχείο (Mg). Αφού το ανιόν $Ψ^-$ έχει 10 e, το άτομο Ψ έχει 9 e, άρα Z=9. Δηλαδή είναι το φθόριο (F).

34. Αφού το στοιχείο βρίσκεται στην $3^η$ περίοδο έχει τα ηλεκτρόνια του κατανεμημένα σε τρεις στιβάδες και αφού βρίσκεται στην VA ομάδα έχει 5 e στην εξωτερική του στιβάδα. Άρα η κατανομή των ηλεκτρονίων σε στιβάδες είναι 2,8,5 και το στοιχείο έχει ατομικό αριθμό 15.

35. Με ανάλογη σκέψη, όπως της προηγούμενης άσκησης, έχουμε:
α) κατανομή ηλεκτρονίων (2,6), άρα Z=8.
β) κατανομή ηλεκτρονίων (2,8,7), άρα Z=17.

36. Αφού η Ν είναι η τέταρτη κατά σειρά από το πυρήνα στιβάδα, τα στοιχεία αυτά έχουν τα ηλεκτρόνια τους κατανεμημένα σε τέσσερις στιβάδες, άρα βρίσκονται στην $4^η$ περίοδο του περιοδικού πίνακα. Άρα σωστή απάντηση είναι η γ.

37. Τα στοιχεία που έχουν στην εξωτερική τους στιβάδα τρία ηλεκτρόνια ανήκουν στην ΙΙΙΑ ομάδα του περιοδικού πίνακα. Άρα σωστή απάντηση είναι η γ.

38. α) (οκτώ) (ήλιο) (εξωτερική) (δύο).

β) (στιβάδα) (επτά) (προσλαμβάνει) (ένα ηλεκτρόνιο) (ευγενούς).

γ) (ευγενούς) (αποβάλλει)

δ) (μέγεθος) (ατόμου).

39. Το $CaCl_2$ είναι ιοντική ένωση. Άρα δεν υπάρχουν μόρια, αλλά κρυσταλλικό πλέγμα, ενώ ο χημικός (μοριακός) τύπος δείχνει την αναλογία των ιόντων στο κρυσταλλικό πλέγμα.

40. Όταν έχουμε ομοιοπολικό δεσμό μεταξύ ατόμων του ίδιου στοιχείου, που έχουν την ίδια τιμή ηλεκτραρνητικότητας, έχουμε μη πολικό ομοιοπολικό δεσμό. Στην περίπτωση ομοιοπολικού δεσμού μεταξύ ατόμων διαφορετικών στοιχείων, υπάρχει διαφορετική τιμή ηλεκτραρνητικότητας, άρα έχουμε πολικό ομοιοπολικό δεσμό.

41. Το στοιχείο Α, αφού ανήκει στην ΙΙΑ ομάδα, έχει δύο ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα και αφού ανήκει στην $4^η$ περίοδο θα έχει τα ηλεκτρόνια του κατανεμημένα σε τέσσερις στιβάδες. Άρα η κατανομή των ηλεκτρονίων του σε στιβάδες είναι (2,8,8,2). Το στοιχείο Β αφού ανήκει στην VΙΙΑ ομάδα θα έχει στην εξωτερική του στιβάδα επτά ηλεκτρόνια και αφού ανήκει στην $3^η$ περίοδο θα έχει τα ηλεκτρόνια του κατανεμημένα σε τρεις στιβάδες. Άρα η κατανομή των ηλεκτρονίων σε στιβάδες είναι: (2,8,7).

Τα στοιχεία αυτά μπορούν να σχηματίσουν ιοντικό (ετεροπολικό) δεσμό, αφού δύο άτομα του Β προσλαμβάνουν το καθένα, ένα από τα δύο ηλεκτρόνια που αποβάλλει το άτομο του Α. Ο μοριακός τύπος της ένωσης που σχηματίζεται είναι AB_2. Ο τύπος αυτός δείχνει την αναλογία ιόντων στο κρυσταλλικό πλέγμα της ένωσης, δηλαδή σε κάθε ιόν A^{2+} αντιστοιχούν δύο ιόντα B^-.

42. Αφού το στοιχείο Γ ανήκει στην ΙΑ ομάδα έχει ένα ηλεκτρόνιο στην εξωτερική του στιβάδα, η οποία είναι και η μοναδική

αφού το στοιχείο αυτό ανήκει στην 1η περίοδο. Άρα η κατανομή σε στιβάδες είναι: (1).

Το στοιχείο Δ ανήκει στην VIIA ομάδα και έχει επτά ηλεκτρόνια στην εξωτερική του στιβάδα και αφού ανήκει στην 2η περίοδο θα έχει τα ηλεκτρόνια του κατανεμημένα σε δύο στιβάδες. Άρα η κατανομή σε στιβάδες θα είναι: (2,7). Τα στοιχεία αυτά μπορούν να σχηματίσουν ομοιοπολικό δεσμό με συνεισφορά ενός ηλεκτρονίου από το καθένα. Ο μοριακός τύπος της ένωσης που σχηματίζεται είναι ΓΔ. Ο τύπος αυτός δείχνει ότι στο κάθε μόριο της ένωσης αυτής υπάρχει ένα άτομο Γ και ένα άτομο Δ..

43. α) Η κατανομή των ηλεκτρονίων σε στιβάδες είναι:
K(2,8,8,1) και F(2,7). Ένα άτομο K αποβάλλει ένα ηλεκτρόνιο το οποίο προσλαμβάνει ένα άτομο F και έτσι δημιουργούνται τα ιόντα K^+(2,8,8) και F^-(2,8) σχηματίζοντας την ιοντική ένωση K^+F^-.

β) Η κατανομή των ηλεκτρονίων σε στιβάδες είναι: Mg (2,8,2) και S(2,8,6). Ένα άτομο Mg αποβάλλει τα δύο ηλεκτρόνια της εξωτερικής του στιβάδας τα οποία προσλαμβάνει ένα άτομο S και έτσι δημιουργούνται τα ιόντα Mg^{2+} (2,8) και S^{2-} (2,8,8) σχηματίζοντας την ιοντική ένωση $Mg^{2+}S^{2-}$.

γ) Η κατανομή των ηλεκτρονίων σε στιβάδες είναι: Ca (2,8,8,2) και H(1). Ένα άτομο Ca αποβάλλει τα δύο ηλεκτρόνια της εξωτερικής στιβάδας τα οποία προσλαμβάνουν δύο άτομα H (ένα e το καθένα) και έτσι δημιουργούνται τα ιόντα Ca^{2+} (2,8,8) και H^- (2) σχηματίζοντας την ιοντική ένωση $Ca^{2+}H_2^-$.

44. Η κατανομή των ηλεκτρονίων για τα πιο κάτω στοιχεία είναι:
P(2,8,5) Cl(2,8,7) C(2,4) και H(1)

α) :Cl : P : Cl:
:Cl:

β) H : C : H
H

γ) H : C : Cl:
:Cl:

45. (ετεροπολική). Σωστή απάντηση είναι η ε) σχηματίζεται με μεταφορά ηλεκτρονίων από τα άτομα του νατρίου στα άτομα του χλωρίου.

46.

	$_{17}Cl$	$_{16}S$	$_{20}Ca$
$_{1}H$	HCl (O)	H_2S (O)	CaH_2 (E)
$_{11}Na$	NaCl (E)	Na_2S (E)	X
$_{6}C$	CCl_4 (O)	CS_2 (O)	CaC_2 (E)
$_{10}Ne$	X	X	X

47. Η κατανομή των ηλεκτρονίων είναι: C (2,4) και H (1). Τα άτομα του C συνδέονται μεταξύ τους με ένα απλό ομοιοπολικό δεσμό και ταυτοχρόνως το κάθε άτομο C συνδέεται με τρεις απλούς ομοιοπολικούς δεσμούς με τρία άτομα H. Ο ηλεκτρονικός τύπος είναι:

```
    H   H
H : C   : C : H
    H   H
```

Ο δεσμός μεταξύ C και H είναι πολικός ομοιοπολικός (άτομα διαφορετικών στοιχείων) ενώ ο δεσμός μεταξύ C και C είναι μη πολικός ομοιοπολικός (άτομα ίδιου στοιχείου).

48. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

49. Η κατανομή των ηλεκτρονίων είναι C (2,4) και H (1).

A: C_2H_x, αφού η ένωση αυτή έχει ένα απλό ομοιοπολικό δεσμό μεταξύ των ατόμων του C, απομένουν σε κάθε άτομο C τρία ηλεκτρόνια και δημιουργεί τρεις ομοιοπολικούς δεσμούς με τρία άτομα H. Έτσι έχουμε τον ηλεκτρονιακό τύπο,

```
    H   H
H : C   : C : H    μοριακός τύπος C2H6
    H   H
```

Στο μόριο αυτό υπάρχει ένας μη πολικός ομοιοπολικός δεσμός μεταξύ των ατόμων C και έξι πολικοί ομοιοπολικοί δεσμοί μεταξύ ατόμων C και ατόμων H.

Β: C_2H_ψ, αφού η ένωση αυτή έχει ένα διπλό ομοιοπολικό δεσμό μεταξύ των ατόμων του C, απομένουν σε κάθε άτομο C δύο ηλεκτρόνια και δημιουργεί δύο ομοιοπολικούς δεσμούς με δύο άτομα H. Έτσι έχουμε το ηλεκτρονιακό τύπο,

H H
H : C : : C : H ενώ ο μοριακός τύπος είναι C_2H_4

Στο μόριο αυτό υπάρχει ένας διπλός μη πολικός ομοιοπολικός δεσμός μεταξύ των ατόμων του C και τέσσερις πολικοί ομοιοπολικοί δεσμοί μεταξύ ατόμων C και ατόμων H.

Γ: C_2H_ω, αφού η ένωση αυτή έχει ένα τριπλό ομοιοπολικό δεσμό μεταξύ των ατόμων του C, απομένει σε κάθε άτομο C ένα ηλεκτρόνιο και δημιουργεί ένα ομοιοπολικό δεσμό με ένα άτομο H. Έτσι έχουμε τον ηλεκτρονιακό τύπο H C C H ενώ ο μοριακός τύπος είναι C_2H_2

Στο μόριο αυτό υπάρχει ένας τριπλός μη πολικός ομοιοπολικός δεσμός μεταξύ των ατόμων C και δύο πολικοί ομοιοπολικοί δεσμοί μεταξύ ατόμων C και ατόμων H.

50. Σωστή είναι η πρόταση δ. Στις ιοντικές ενώσεις δημιουργούνται ιόντα, λόγω αποβολής και πρόσληψης ηλεκτρονίων, με αποτέλεσμα τη δημιουργία κρυσταλλικών πλεγμάτων.

51. Ομοιοπολικά πολικά μόρια είναι το HCl και η NH_3, αφού δημιουργούνται ομοιοπολικοί δεσμοί μεταξύ ανόμοιων ατόμων με διαφορετική τιμή ηλεκτραρνητικότητας. Ομοιοπολικά μη πολικά μόρια είναι το N_2 και Cl_2, αφού δημιουργούνται ομοιοπολικοί δεσμοί μεταξύ ομοίων ατόμων.

52. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

53. α) (πραγματικό) (ιόντος) (φορτίο) (ατόμου) (χημική ένωση).
β) (κατάσταση) (μηδέν).
γ) (αριθμών οξείδωσης) (ατόμων) (μηδέν).
δ) (αριθμών οξείδωσης) (πολυατομικό ιόν) (ιόντος).

54. α) Έστω x ο αριθμός οξείδωσης του S. Τότε είναι:

$2\cdot(+1)+ 1\cdot x + 4\cdot(-2) = 0$ ή $x = +6$

β) Έστω x ο αριθμός οξείδωσης του N. Τότε είναι :

$1\cdot(+1) + 1\cdot x + 3\cdot(-2) = 0$ ή $x = +5$

γ) Έστω x ο αριθμός οξείδωσης του P. Τότε είναι:

$3\cdot(+1) + 1\cdot x + 4\cdot(-2) = 0$ ή $x = +5$

55. α) Έστω x ο αριθμός οξείδωσης του C. Τότε είναι:
$1\cdot x + 3\cdot(-2) = -2$ ή $x= +4$
β) Έστω x ο αριθμός οξείδωσης του I. Τότε είναι:
$1\cdot x +3\cdot(-2) = -1$ ή $x = +5$
γ) Έστω x ο αριθμός οξείδωσης του S. Τότε είναι: $1\cdot(+1) + 1\cdot x + 3\cdot(-2) = -1$ ή $x = +4$.

56. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

57. Έστω x ο αριθμός οξείδωσης του S στο θειικό αργίλιο. $2\cdot(+3) + 3\cdot x + 12\cdot(-2) = 0$ ή $x = +6$.
Άρα η σωστή απάντηση είναι η δ.

58. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

59. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

60. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

61.

1. $CaCl_2$	2. KI	3. $Ca(OH)_2$	4. $AgNO_3$
5. $KClO_3$	6. MgS	7. Na_2CO_3	8. $Al_2(SO_4)_3$
9.$FeSO_4$	10. $Al_2(CO_3)_3$	11. Na_2O	12. $ZnBr_2$
13. $Mg_3(PO_4)_2$	14. H_2S	15. PbF_2	16. AlN
17. $(NH_4)_3PO_4$	18. KCN	19. $Ca(ClO_3)_2$	20. NH_3

62. 1. Οξείδιο του καλίου 2. Υδροξείδιο του βαρίου 3. Ιωδιούχο νάτριο 4. Χλωριούχο ασβέστιο 5. Χλωρικό οξύ 6. Θειούχο αργίλιο 7. Νιτρικός ψευδάργυρος 8. Βρωμιούχος σίδηρος(III) 9. αμμωνία 10. Οξείδιο του μαγνησίου 11. Νιτρικό ασβέστιο 12. Ανθρακικό ασβέστιο 13. Διοξείδιο του αζώτου 14. Υδροξείδιο χαλκού(I) 15. Θειικό αμμώνιο 16. Φωσφορικός σίδηρος(III) 17. Νιτρικό κάλιο 18. Υδρόθειο 19. Φωσφορικό οξύ 20.Υδροκυάνιο.

63. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου

64. α)

1.$KBrO_3$	2.K_2CO_3	3.$KHSO_4$	4.K_2SO_4	5.KOH	6.KI	7.K_2O
8.$Ba(BrO_3)_2$	9.$BaCO_3$	10.$Ba(HSO_4)_2$	11.$BaSO_4$	12.$Ba(OH)_2$	13.BaI_2	14.BaO
15.$CuBrO_3$	16.Cu_2CO_3	17.$CuHSO_4$	18.Cu_2SO_4	19.CuOH	20.CuI	21.Cu_2O
22.$Fe(BrO_3)_2$	23.$FeCO_3$	24.$Fe(HSO_4)_2$	25.$FeSO_4$	26.$Fe(OH)_2$	27.FeI_2	28.FeO
29.$Al(BrO_3)_3$	30.$Al_2(CO_3)_3$	31.$Al(HSO_4)_3$	32.$Al_2(SO_4)_3$	33.$Al(OH)_3$	34.AlI_3	35.Al_2O_3
36.$HBrO_3$	37.H_2CO_3	38.H_2SO_4	39.H_2SO_4	40.H_2O	41.HI	42.H_2O

β) 1. Βρωμικό κάλιο 2. Ανθρακικό κάλιο 3. Όξινο θειικό κάλιο 4. Θειικό κάλιο 5. Υδροξείδιο του καλίου 6. Ιωδιούχο κάλιο 7. Οξείδιο του καλίου 8. Βρωμικό βάριο 9. Ανθρακικό βάριο 10. Όξινο θειικό βάριο 11. Θειικό βάριο 12. Υδροξείδιο του βαρίου 13. Ιωδιούχο βάριο 14. Οξείδιο του βαρίου 15. Βρωμικός χαλκός(I) 16. Ανθρακικός χαλκός(I) 17. Όξινος θειικός χαλκός (I) 18. Θειικός χαλκός(I) 19. Υδροξείδιο του χαλκού(I) 20. Ιωδιούχος χαλκός (I) 21. Οξείδιο του χαλκού (I) 22. Βρωμικός σίδηρος(II) 23. Ανθρακικός σίδηρος(II) 24. Όξινος θειικός σίδηρος(II) 25. Θειικός σίδηρος(II) 26. Υδροξείδιο του σιδήρου(II) 27. Ιωδιούχος σίδηρος(II) 28. Οξείδιο του σιδήρου(II) 29. Βρωμικό αργίλιο 30. Ανθρακικό αργίλιο 31. Όξινο θειικό αργίλιο 32. Θειικό αργίλιο 33. Υδροξείδιο του αργιλίου 34. Ιωδιούχο αργίλιο 35. Οξείδιο του αργιλίου 36. Βρωμικό οξύ 37. Ανθρακικό οξύ 38. Θειικό οξύ 39. Θειικό οξύ 40. νερό 41. Υδροϊώδιο 42. νερό.

3

ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

3.1 Χημικές αντιδράσεις Συμβολισμός - Μερικά είδη χημικών αντιδράσεων
Ερωτήσεις - προβλήματα

ΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

- Να συμβολίζεις ένα χημικό φαινόμενο (χημική αντίδραση) με μια χημική εξίσωση και να ισοσταθμίζει αυτή.
- Να ταξινομείς τις χημικές αντιδράσεις σε κατηγορίες και να αναγνωρίζεις από ένα σύνολο αντιδράσεων σε ποια κατηγορία ανήκει η καθεμιά.

Τα μοναδικά μέρη του πλανήτη μας που έχουν μείνει ακόμα παρθένα από τον άνθρωπο είναι τα σπήλαια. Εκεί ο χρόνος και ο χώρος παίρνουν άλλες διαστάσεις και ρυθμούς. Εκεί ο σπηλαιολόγος μπορεί να παρατηρεί αλλαγές που έγιναν στην επιφάνεια της γης πριν από χιλιάδες χρόνια, σαν να έγιναν την περασμένη βδομάδα. Ο σχηματισμός των σταλακτιτών και σταλαγμιτών είναι εξαιρετικά αργός και οφείλεται στη μετατροπή του όξινου ανθρακικού ασβεστίου, που είναι διαλυμένο στο νερό, σε ανθρακικό ασβέστιο, κατά τη διάρκεια της εξάτμισης του νερού.

3 ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

3.1 Χημικές αντιδράσεις

Χημικά φαινόμενα (αντιδράσεις) ονομάζονται οι μεταβολές κατά τις οποίες από ορισμένες αρχικές ουσίες (αντιδρώντα) δημιουργούνται νέες (προϊόντα) με διαφορετικές ιδιότητες.

Χημικές αντιδράσεις γίνονται συνεχώς στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον με ή χωρίς την παρέμβαση του ανθρώπου. Στον άνθρωπο, που είναι ένα τεράστιο χημικό εργαστήριο με τρισεκατομμύρια κύτταρα, γίνονται αδιάκοπα χημικές αντιδράσεις με συνεχή αλληλεξάρτηση, που έχουν σαν αποτέλεσμα την ισορροπία του οργανισμού. Στα φυτά, από την αντίδραση διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) με νερό (H_2O), δημιουργείται η γλυκόζη ($C_6H_{12}O_6$) και με τη βοήθεια της ηλιακής ενέργειας. Αυτή είναι η αντίδραση της φωτοσύνθεσης, που επιτελείται στους χλωροπλάστες και αποτελεί τη βασική αναβολική λειτουργία των αυτότροφων οργανισμών.

Ωστόσο, χημικές αντιδράσεις γίνονται και στο μήλο που σαπίζει, στην μπανάνα που μαυρίζει, στο γάλα που ξινίζει, στο κρασί που γίνεται ξίδι. Χημικές αντιδράσεις γίνονται στα μάρμαρα που μετατρέπονται σε γύψο, κατά τη δημιουργία της τρύπας του όζοντος κλπ.

Πως συμβολίζονται οι χημικές αντιδράσεις

Κάθε **χημική αντίδραση** συμβολίζεται με μία **χημική εξίσωση**. Στη χημική αυτή εξίσωση διακρίνουμε δύο μέλη, που συνδέονται μεταξύ τους με ένα βέλος (→). Στο πρώτο μέλος γράφουμε τα σώματα που έχουμε αρχικά, πριν ξεκινήσει η αντίδραση, που ονομάζονται **αντιδρώντα**, ενώ στο δεύτερο μέλος γράφουμε τα σώματα που σχηματίζονται κατά την αντίδραση και ονομάζονται **προϊόντα**.

$$\boxed{\text{ΑΝΤΙΔΡΩΝΤΑ}} \xrightarrow{\text{Συνθήκες}} \boxed{\text{ΠΡΟΪΟΝΤΑ}}$$

Ας εξετάσουμε τώρα μία απλή χημική αντίδραση π.χ. την αντίδραση του αζώτου με το υδρογόνο προς σχηματισμό αμμωνίας. Το χημικό αυτό φαινόμενο περιγράφεται με την παρακάτω χημική εξίσωση:

$$N_2 + H_2 \rightarrow NH_3 \qquad (1)$$

Στο πρώτο μέλος γράφουμε τα μόρια των ***αντιδρώντων***, δηλαδή, το άζωτο και το υδρογόνο, ενώ στο δεύτερο μέλος της εξίσωσης γράφουμε τα ***προϊόντα*** της αντίδρασης, δηλαδή την αμμωνία .

Ωστόσο, η χημική εξίσωση (1) δεν είναι ακόμα σωστά γραμμένη, καθώς ο αριθμός των ατόμων κάθε στοιχείου θα πρέπει να είναι ίδιος στα αντιδρώντα και προϊόντα, αφού τα άτομα ούτε φθείρονται, ούτε δημιουργούνται κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης. Θα πρέπει, λοιπόν να γίνει ισοστάθμιση μάζας. Έτσι, βάζουμε κατάλληλους ***συντελεστές*** στα δύο μέλη της εξίσωσης, ώστε να ικανοποιηθεί η παραπάνω απαίτηση.

Στο παράδειγμα της σύνθεσης της αμμωνίας, βάζουμε συντελεστή δύο μπροστά από την αμμωνία, ώστε να ισοσταθμίσουμε τα άτομα αζώτου, οπότε η χημική εξίσωση γράφεται:

$$N_2 + H_2 \rightarrow 2NH_3 \qquad (2)$$

Επίσης βάζουμε συντελεστή τρία μπροστά από το μόριο του υδρογόνου, ώστε να ισοσταθμίσουμε στα δύο μέλη της χημικής εξίσωσης (αντιδρώντα και προϊόντα) τον αριθμό ατόμων υδρογόνου. Έτσι, η χημική εξίσωση παίρνει τη μορφή:

$$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3 \qquad (3)$$

Η (3) είναι τώρα σωστά γραμμένη χημική εξίσωση, καθώς έχει γίνει ισοστάθμιση των ατόμων στα δύο μέλη της εξίσωσης. Επιπλέον πολλές φορές αναγράφεται και η φυσική κατάσταση των αντιδρώντων και προϊόντων, όπως θα δούμε παρακάτω.

Συμπερασματικά, λοιπόν, μία χημική εξίσωση περιλαμβάνει:

- ***τα αντιδρώντα και τα προϊόντα***
- ***τους κατάλληλους συντελεστές, ώστε τα άτομα κάθε στοιχείου να είναι ισάριθμα στα δύο μέλη της χημικής εξίσωσης.***

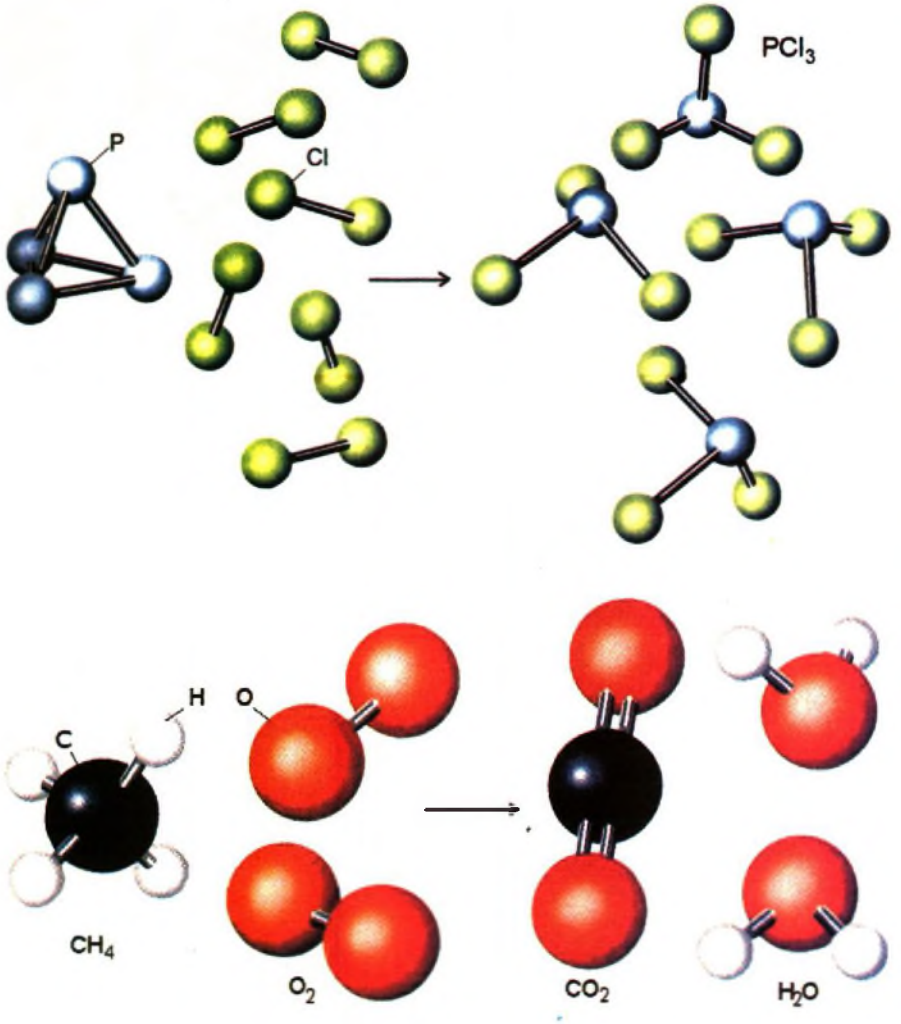
Παρακάτω δίνονται χαρακτηριστικά παραδείγματα χημικών εξισώσεων στις οποίες αναγράφεται και η φυσική κατάσταση των αντιδρώντων και προϊόντων .

$$P_4(s) + 6Cl_2(g) \rightarrow 4PCl_3(s) \qquad (4)$$

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) \qquad (5)$$

Οι παραπάνω χημικές εξισώσεις μπορούν να παρασταθούν και με προσομοιώματα μορίων (μοριακά μοντέλα), όπως φαίνεται στο σχήμα που ακολουθεί .

Antoine Lavoisier (1743-1794). Αν κανείς ήθελε να οριοθετήσει την εποχή που αρχίζει η ανάπτυξη της χημείας ως επιστήμη θα ξεκινούσε από την Γάλλο χημικό Lavoisier. Μια λαμπρή προσωπικότητα, προικισμένη με πολλές αρετές. Το ερευνητικό του έργο ήταν πολύ πλούσιο. Μεταξύ των άλλων περιλαμβάνεται ο νόμος διατήρησης της μάζας:
«Σε κάθε χημική αντίδραση η μάζα των αντιδρώντων είναι ίση με τη μάζα των προϊόντων.»
Το βιβλίο του «Στοιχειώδες Σύγγραμμα της Χημείας» αποτέλεσε τη βάση για τη θεμελίωση και διάδοση της χημικής επιστήμης. Παράλληλα με τις επιστημονικές του δραστηριότητες, είχε αναπτύξει και επιχειρηματική δράση, έχοντας μια φοροεισπρακτική εταιρεία. Η εταιρεία αυτή του εξασφάλιζε μεγάλα κέρδη, ώστε να αυτοχρηματοδοτεί τις έρευνες του. Όμως, αυτή του στοίχισε το κεφάλι. Κατά τη διάρκεια της Γαλλικής επανάστασης κατηγορήθηκε για οικονομικά εγκλήματα και καρατομήθηκε. « Χάθηκε σ' ένα λεπτό ένα κεφάλι που ούτε κάθε εκατό χρόνια δε γεννιέται»



ΣΧΗΜΑ 3.1 Εικονική παρουσίαση των αντιδράσεων σε μορφή μοριακών μοντέλων : α. $P_4(s) + 6Cl_2(g) \rightarrow 4PCl_3(s)$ (πάνω) β. $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$ (κάτω).

• Σύμβολα:
(s) → στερεό
(l) → υγρό
(g) → αέριο
(aq) → υδατικό διάλυμα

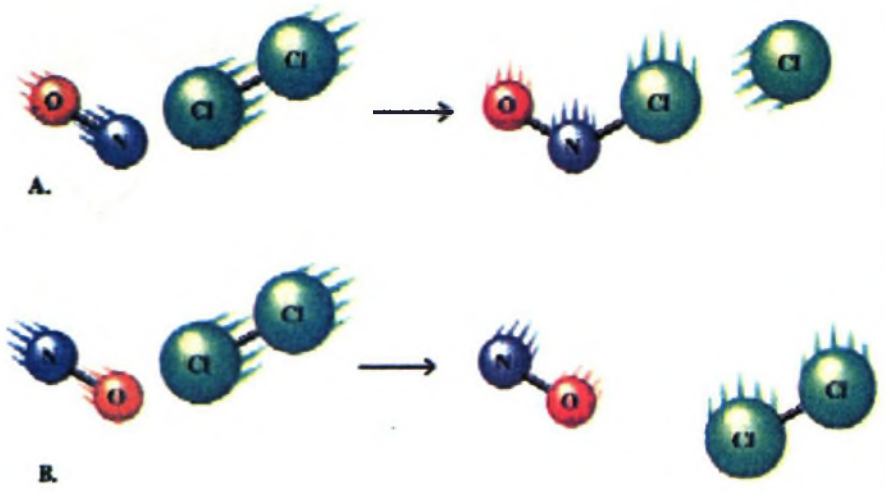
Χαρακτηριστικά των χημικών αντιδράσεων

α. Πότε πραγματοποιείται μία χημική αντίδραση;

Για να πραγματοποιηθεί μία χημική αντίδραση θα πρέπει, σύμφωνα με τη ***θεωρία των συγκρούσεων***, τα μόρια (ή γενικότερα οι δομικές μονάδες της ύλης) των αντιδρώντων να συγκρουστούν και μάλιστα να ***συγκρουστούν κατάλληλα***. Με τον όρο «να συγκρουστούν κατάλληλα» εννοούμε ότι πρέπει να έχουν την κατάλληλη ταχύτητα και ένα ορισμένο προσανατολισμό. Αποτέλεσμα αυτής της σύγκρουσης είναι ότι «σπάνε» οι αρχικοί δεσμοί (των αντιδρώντων) και δημιουργούνται νέοι (των προϊόντων). Έχει εκτιμηθεί ότι μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό των συγκρούσεων των αντιδρώντων είναι ***αποτελεσματικές***.

• Αποτελεσματικές είναι οι συγκρούσεις που οδηγούν στην αντίδραση.

• Σε βαθύτερο επίπεδο την απάντηση στο ερώτημα πότε πραγματοποιείται μια χημική αντίδραση δίνει η Χημική Θερμοδυναμική (βλέπε σχολικό βιβλίο Γ Λυκείου).



ΣΧΗΜΑ 3.2 Για να γίνει η αντίδραση $NO+Cl_2 \rightarrow NOCl + Cl$ θα πρέπει τα αντιδρώντα μόρια να έχουν το σωστό προσανατολισμό και την κατάλληλη ταχύτητα (ενέργεια).
Α: αποτελεσματική σύγκρουση Β: μη αποτελεσματική σύγκρουση.

β. Πόσο γρήγορα γίνεται μία χημική αντίδραση; (Ταχύτητα της αντίδρασης)

Εύκολα γίνεται αντιληπτό ότι η ταχύτητα με την οποία τα διάφορα χημικά φαινόμενα εξελίσσονται ποικίλλει. Έτσι, π.χ. ο Fe σκουριάζει (διάβρωση) πολύ αργά, ενώ η έκρηξη της πυρίτιδας ή η καύση του Mg με το O_2 γίνονται ακαριαία. Επίσης, η αντίδραση $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ στη συνήθη θερμοκρασία προχωρεί τόσο αργά, ώστε πρακτικά δε γίνεται. Αν όμως τη «βοηθήσουμε» με ένα σπινθήρα, τότε γίνεται έκρηξη, δηλαδή η αντίδραση γίνεται με πολύ μεγάλη ταχύτητα.

Προφανώς ο ρυθμός των ενεργών συγκρούσεων καθορίζει την ταχύτητα μιας αντίδρασης.

➢ ***Ταχύτητα μιας αντίδρασης ορίζεται η μεταβολή της συγκέντρωσης ενός από τα αντιδρώντα ή τα προϊόντα, στη μονάδα του χρόνου.***

Η ταχύτητα μιας αντίδρασης μπορεί να αυξηθεί :

1. Με αύξηση της ***ποσότητας (συγκέντρωσης)*** των αντιδρώντων.
2. Με αύξηση της ***θερμοκρασίας.***
3. Με την παρουσία ***καταλυτών***. Ο καταλύτης αυξάνει την ταχύτητα της αντίδρασης, χωρίς να καταναλώνεται. Οι αντιδράσεις στους ζωντανούς οργανισμούς καταλύονται από τα ***ένζυμα ή βιοκαταλύτες***.
4. Με την αύξηση της ***επιφάνειας επαφής των στερεών σωμάτων*** που μετέχουν στην αντίδραση. Π.χ. ο άνθρακας σε μεγάλα κομμάτια καίγεται αργά, ενώ σε μορφή σκόνης σχεδόν ακαριαία.

• Η συγκέντρωση εκφράζει το πλήθος των μορίων ανά μονάδα όγκου (στο επόμενο κεφάλαιο θα μιλήσουμε αναλυτικά για τη συγκέντρωση).

• Όταν έχουμε πυρετό (υψηλή θερμοκρασία), όλες οι αντιδράσεις του οργανισμού επιταχύνονται.

• Η ζάχαρη στον αέρα καίγεται σε θ > 600 °C, ενώ στον οργανισμό μας «καίγεται» στους 37 °C. Γιατί;

γ. Ενεργειακές μεταβολές που συνοδεύουν τη χημική αντίδραση

Είναι πια γνωστό ότι στις χημικές μεταβολές (αντιδράσεις) τα άτομα διατηρούνται, ενώ ανακατανέμονται. Δηλαδή, οι αρχικοί δεσμοί «σπάζουν» και δημιουργούνται καινούργιοι σχηματίζοντας έτσι τα προϊόντα της αντίδρασης. Π.χ. στην αντίδραση $H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$, «σπάζουν» οι δεσμοί H-H και Cl-Cl και δημιουργείται ο δεσμός H-Cl.

Γενικά, για να «σπάσει» ένας δεσμός, χρειάζεται ενέργεια, ενώ όταν δημιουργείται εκλύεται. Αυτό το «πάρε – δώσε» ενέργειας κρίνει τελικά κατά πόσο η αντίδραση συνολικά ελευθερώνει ή απορροφά ενέργεια σε μορφή θερμότητας.

- *Εξώθερμη ονομάζεται μία χημική αντίδραση που ελευθερώνει θερμότητα στο περιβάλλον.*
- *Ενδόθερμη είναι η αντίδραση που απορροφά θερμότητα από το περιβάλλον.*

• Εκλύεται: ελευθερώνεται

• Εξώθερμη:
$C + O_2 \rightarrow CO_2 + 394kJ$

• Ενδόθερμη:
$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2 - 178kJ$

δ. Πόσο αποτελεσματική είναι μία αντίδραση; (Απόδοση αντίδρασης)

Πολλές χημικές αντιδράσεις δεν είναι πλήρεις, δηλαδή μέρος μόνο των αντιδρώντων μετατρέπονται σε προϊόντα (αμφίδρομες αντιδράσεις).

- *Η απόδοση μιας αντίδρασης καθορίζει τη σχέση μεταξύ της ποσότητας ενός προϊόντος που παίρνουμε πρακτικά και της ποσότητας που θα παίρναμε θεωρητικά, αν η αντίδραση ήταν πλήρης (μονόδρομη).*

Όπως θα δούμε αναλυτικά στο βιβλίο της Β΄ Λυκείου κατεύθυνσης, μπορούμε να αυξήσουμε την απόδοση μιας αντίδρασης μεταβάλλοντας:

1. την ποσότητα (συγκέντρωση) των αντιδρώντων ή των προϊόντων
2. τη θερμοκρασία
3. την πίεση, εφ΄ όσον στην αντίδραση μετέχουν αέρια.

Μερικά είδη χημικών αντιδράσεων

Οι χημικές αντιδράσεις μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τις οξειδοαναγωγικές και τις μεταθετικές.

Α. ΟΞΕΙΔΟΑΝΑΓΩΓΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

Στις αντιδράσεις αυτές ο αριθμός οξείδωσης ορισμένων από τα στοιχεία που συμμετέχουν μεταβάλλεται. Τέτοιες αντιδράσεις απλής μορφής είναι οι συνθέσεις, οι αποσυνθέσεις, οι διασπάσεις, οι αντιδράσεις απλής αντικατάστασης. Υπάρχουν, βέβαια, και αντιδράσεις οξειδοαναγωγής πολύπλοκης μορφής, οι οποίες όμως δε θα μας απασχολήσουν στο κεφάλαιο αυτό.

1. Αντιδράσεις σύνθεσης

Κατά τις αντιδράσεις αυτές αντιδρούν δύο ή περισσότερα στοιχεία για να σχηματίσουν μία χημική ένωση. Ας δούμε μερικά παραδείγματα.

$N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$

$H_2(g) + Cl_2(g) \xrightarrow{\text{φως}} 2HCl(g)$

$2K(s) + Cl_2(g) \rightarrow 2KCl(s)$

$C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$

Εφαρμογή

Να γραφούν οι χημικές εξισώσεις των επόμενων αντιδράσεων: α) αργίλιο και θείο δίνουν θειούχο αργίλιο, β) αργίλιο και οξυγόνο δίνουν οξείδιο του αργιλίου, γ) σίδηρος και χλώριο δίνουν χλωριούχο σίδηρο (ΙΙΙ), δ) κασσίτερος και οξυγόνο δίνουν οξείδιο του κασσίτερου (ΙΙ).

2.Αντιδράσεις αποσύνθεσης και διάσπασης

Κατά τις αντιδράσεις αυτές μία χημική ένωση διασπάται στα στοιχεία της (αποσύνθεση) ή σε δύο ή περισσότερες απλούστερες χημικές ουσίες (διάσπαση). Ας δούμε μερικά παραδείγματα.

$2HgO(s) \rightarrow 2Hg(l) + O_2(g)$

$2KClO_3(s) \rightarrow 2KCl(s) + 3O_2(g)$

Ωστόσο, υπάρχουν αντιδράσεις διάσπασης που δεν είναι οξειδοαναγωγής, π.χ. $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$

Εφαρμογή

Να γραφούν οι χημικές εξισώσεις των επόμενων αντιδράσεων: α. οξείδιο του χαλκού (ΙΙ) διασπάται σε χαλκό και οξυγόνο, β. βρωμιούχος άργυρος διασπάται σε άργυρο και βρώμιο.

3. Αντιδράσεις απλής αντικατάστασης

Κατά τις αντιδράσεις αυτές ένα στοιχείο που βρίσκεται σε ελεύθερη κατάσταση αντικαθιστά ένα άλλο στοιχείο που βρίσκεται σε μία ένωσή του. Έτσι, ένα μέταλλο Μ αντικαθιστά ένα άλλο μέταλλο Μ΄ ή το υδρογόνο, σύμφωνα με το γενικό σχήμα:

$$M + M'X \rightarrow MX + M'$$

ή ένα αμέταλλο Α αντικαθιστά ένα άλλο αμέταλλο Α΄, σύμφωνα με το γενικό σχήμα:

$$A + \Psi A' \rightarrow \Psi A + A'$$

• Το Μ **δραστικότερο** του Μ΄ σημαίνει ότι το Μ δημιουργεί πιο «εύκολα» χημική ένωση με το Χ απ΄ ότι το Μ΄.

Απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει η αντίδραση απλής αντικατάστασης είναι το Μ να είναι δραστικότερο του Μ΄ και το Α δραστικότερο του Α΄.

Παρακάτω δίνεται η σειρά δραστικότητας των κυριότερων μετάλλων και αμετάλλων.

ΣΕΙΡΑ ΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΑΜΕΤΑΛΛΩΝ

ΜΕΤΑΛΛΑ:
K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Ni, Sn, Pb, H, Cu, Hg, Ag, Pt, Au

Αύξηση δραστικότητας ←

ΑΜΕΤΑΛΛΑ:
F_2, Cl_2, Br_2, O_2, I_2, S

Ας δούμε τώρα μερικά παραδείγματα

α) Μέταλλο + άλας → άλας + μέταλλο

$Zn(s) + CuSO_4(aq) \rightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$

$2Na(s) + FeCl_2(aq) \rightarrow 2NaCl(aq) + Fe(s)$

β) Μέταλλο + οξύ → άλας + H_2

$2Al(s) + 6HCl(aq) \rightarrow 2AlCl_3(aq) + 3H_2(g)$

Να παρατηρήσουμε ότι στις αντιδράσεις αυτές το μέταλλο εμφανίζεται στα προϊόντα με το μικρότερο αριθμό οξείδωσης. Εξαιρείται ο χαλκός που δίνει ενώσεις του Cu^{2+}.

Π.χ. $Fe(s) + 2HBr(aq) \rightarrow FeBr_2(aq) + H_2(g)$

Επίσης, τα πυκνά διαλύματα θειικού οξέος κατά τις αντιδράσεις τους με μέταλλα δίνουν πολύπλοκες οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις (και όχι αντιδράσεις απλής αντικατάστασης). Το ίδιο ισχύει και για τα διαλύματα πυκνού και αραιού νιτρικού οξέος.

γ) Μέταλλο + νερό → ..... + H_2

Τα πιο δραστικά μέταλλα K, Ba, Ca, Na αντιδρούν με το νερό και δίνουν την αντίστοιχη βάση (υδροξείδιο του μετάλλου) και H_2.

π.χ. $2Na(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2NaOH(aq) + H_2(g)$

Τα υπόλοιπα πιο δραστικά από το υδρογόνο μέταλλα αντιδρούν με υδρατμούς σε υψηλή θερμοκρασία και δίνουν οξείδιο του μετάλλου και υδρογόνο,

π.χ. $Mg(s) + H_2O(g) \rightarrow MgO(s) + H_2(g)$

Η αντίδραση του νερού με Na (πάνω) και K (κάτω) γίνεται πολύ βίαια, το δε H_2 που ελευθερώνεται αυταναφλέγεται.

Εφαρμογή

Να γραφούν οι χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων (εφόσον αυτές γίνονται):
1. ψευδάργυρος + υδροβρώμιο → ..., 2. ιώδιο + φθοριούχο νάτριο → ..., 3. νάτριο + χλωριούχο αργίλιο → ..., 4. χαλκός + νιτρικός άργυρος → ..., 5. άργυρος + υδροχλώριο → ..., 6. κάλιο + φωσφορικό οξύ → ..., 7. βάριο + νερό → ..., 8. ψευδάργυρος + νερό → ...

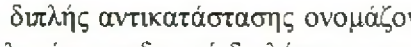
Β. ΜΕΤΑΘΕΤΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

Στις αντιδράσεις αυτές οι αριθμοί οξείδωσης όλων των στοιχείων που μετέχουν στην αντίδραση παραμένουν σταθεροί. Τέτοιες αντιδράσεις είναι οι αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης και η εξουδετέρωση.

• Ηλεκτρολύτες είναι τα οξέα, οι βάσεις και τα άλατα

1. Αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης

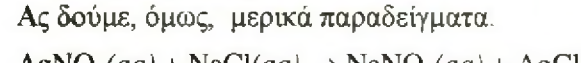
Αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης ονομάζονται οι αντιδράσεις μεταξύ δύο ηλεκτρολυτών σε υδατικά διαλύματα, κατά τις οποίες οι ηλεκτρολύτες ανταλλάσσουν ιόντα, σύμφωνα με το σχήμα:



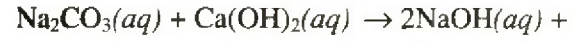
$$A^+B^- + \Gamma^+\Delta^- \rightarrow A^+\Delta^- + \Gamma^+B^-$$

• Σύμβολα:
↓ : ίζημα, δηλαδή δυσδιάλυτη ουσία
↑ : αέρια ουσία

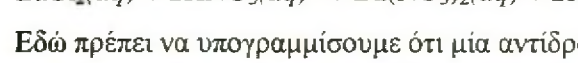
Σ΄ αυτό το είδος αντιδράσεων ανήκουν και οι αντιδράσεις μεταξύ οξέων και βάσεων (εξουδετερώσεις), οι οποίες εξετάζονται χωριστά στην αμέσως επόμενη ενότητα.
Ας δούμε, όμως, μερικά παραδείγματα.



$$AgNO_3(aq) + NaCl(aq) \rightarrow NaNO_3(aq) + AgCl\downarrow$$



$$Na_2CO_3(aq) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow 2NaOH(aq) + CaCO_3\downarrow$$



$$BaCl_2(aq) + 2HNO_3(aq) \rightarrow Ba(NO_3)_2(aq) + 2HCl\uparrow$$

• Αν το αέριο προϊόν είναι ευδιάλυτο, τότε θερμαίνουμε για να απομακρυνθεί από το διάλυμα.

Εδώ πρέπει να υπογραμμίσουμε ότι μία αντίδραση διπλής αντικατάστασης γίνεται μόνο εφόσον ένα από τα προϊόντα της αντίδρασης:
1. «πέφτει» ως ίζημα (καταβύθιση).
2. εκφεύγει ως αέριο από το αντιδρών σύστημα
3. είναι ελάχιστα ιοντιζόμενη ένωση, δηλαδή διίσταται σε πολύ μικρό ποσοστό.

Η τελευταία περίπτωση θίγεται σχεδόν αποκλειστικά στην εξουδετέρωση, όπου σχηματίζεται η ελαχιστη ιοντιζόμενη ένωση νερό.
Για τις άλλες περιπτώσεις θα πρέπει να μάθουμε να αναγνωρίζουμε ποια είναι τα ιζήματα και τα αέρια. Αυτά δίνονται σε μορφή πίνακα παρακάτω.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1: Κυριότερα αέρια και ιζήματα

ΑΕΡΙΑ: HF, HCl, HBr, HI, H_2S, HCN, SO_2, CO_2, NH_3

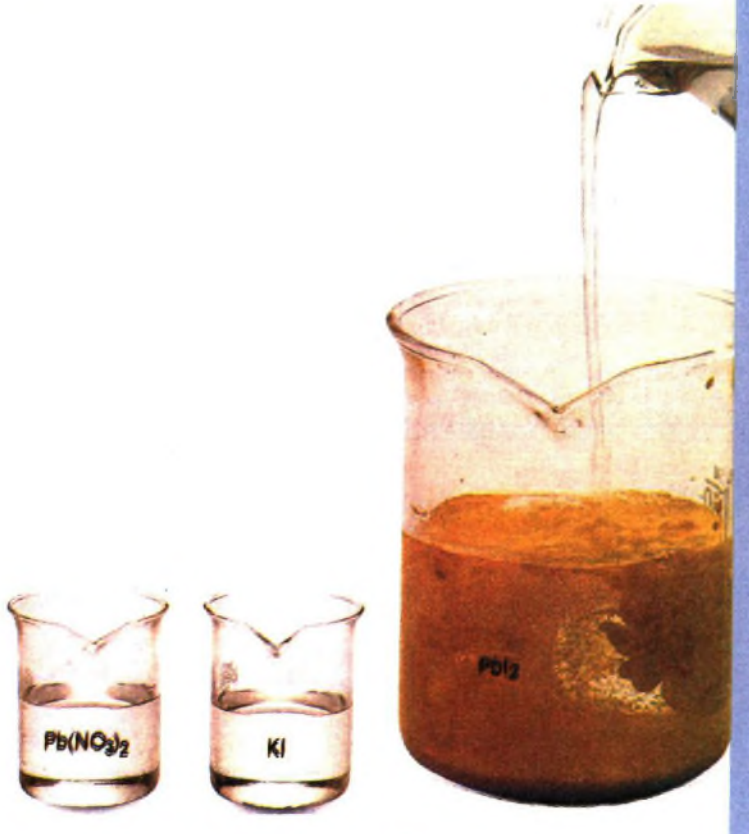
ΙΖΗΜΑΤΑ: AgCl, AgBr, AgI, $BaSO_4$, $CaSO_4$, $PbSO_4$
Όλα τα ανθρακικά άλατα εκτός από K_2CO_3, Na_2CO_3, $(NH_4)_2CO_3$.
Όλα τα θειούχα άλατα εκτός από K_2S, Na_2S, $(NH_4)_2S$.
Όλα τα υδροξείδια των μετάλλων εκτός από KOH, NaOH, $Ca(OH)_2$, $Ba(OH)_2$

Παρατήρηση: Το ανθρακικό οξύ (H_2CO_3) και το θειώδες οξύ (H_2SO_3) είναι ασταθείς ενώσεις, ενώ το υδροξείδιο του αμμωνίου (NH_4OH) είναι μόριο υποθετικό. Γι' αυτό στη θέση των προϊόντων γράφουμε:

$CO_2\uparrow + H_2O$ αντί H_2CO_3

$SO_2\uparrow + H_2O$ αντί H_2SO_3

$NH_3\uparrow + H_2O$ αντί NH_4OH



ΣΧΗΜΑ 3.3 Εικονική παρουσίαση της αντίδρασης διπλής αντικατάστασης μεταξύ $Pb(NO_3)_2$ και KI προς σχηματισμό του κίτρινου ιζήματος PbI_2.

Εφαρμογή

Να συμπληρωθούν οι αντιδράσεις:

1. χλωριούχο αργίλιο + νιτρικός άργυρος
2. ανθρακικό βάριο + υδροχλώριο
3. θειώδης ψευδάργυρος + θειικό οξύ
4. νιτρικό βάριο + θειικό νάτριο
5. χλωριούχο αμμώνιο + υδροξείδιο του μαγνησίου
6. όξινο ανθρακικό νάτριο + υδροϊώδιο
7. θειικό αμμώνιο + υδροξείδιο του καλίου
8. νιτρικός μόλυβδος (II) + θειούχο νάτριο

2. Εξουδετέρωση

Εξουδετέρωση ονομάζεται η αντίδραση ενός οξέος με μία βάση. Κατά την αντίδραση αυτή τα υδρογονοκατιόντα (H^+) που προέρχονται από το οξύ ενώνονται με τα ανιόντα υδροξειδίου (OH^-) που προέρχονται από τη βάση, και δίνουν νερό:

$$H^+ + OH^- \rightarrow H_2O$$

Εξαιτίας της αντίδρασης αυτής πολλές φορές «εξαφανίζονται» (εξουδετερώνονται) τόσο οι ιδιότητες του οξέος (που οφείλονται στα H^+) όσο και οι ιδιότητες της βάσης (που οφείλονται στα OH^-). Γι' αυτό και η αντίδραση ονομάζεται ***εξουδετέρωση***.

Κατά την εξουδετέρωση το ανιόν του οξέος και το κατιόν της βάσης σχηματίζουν άλας. Ας δούμε μερικά παραδείγματα

$NaOH(aq) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$

$H_2SO_4(aq) + 2KOH(aq) \rightarrow K_2SO_4(aq) + 2H_2O(l)$

$3Ca(OH)_2(aq) + 2H_3PO_4(aq) \rightarrow Ca_3(PO_4)_2\downarrow + 6H_2O(l)$

Οι αντιδράσεις που προηγήθηκαν αποτελούν παραδείγματα ***πλήρους*** εξουδετέρωσης, οπότε το άλας που σχηματίζεται είναι ένα ***ουδέτερο ή κανονικό άλας***. Στην περίπτωση που η εξουδετέρωση είναι μερική, είναι δυνατόν να σχηματιστούν ***όξινα ή βασικά άλατα*** (π.χ. $KHSO_4$ και $Ca(OH)Cl$). Αυτές όμως οι αντιδράσεις παρασκευής όξινων και βασικών αλάτων είναι πέρα από τα πλαίσια των μαθημάτων που δίνονται σ' αυτό το βιβλίο.

Όπως ήδη αναφέραμε, τα όξινα οξείδια έχουν στα υδατικά τους διαλύματα συμπεριφορά οξέων και αντίστοιχα τα βασικά οξείδια συμπεριφορά βάσεων. Έτσι, στις αντιδράσεις εξουδετέρωσης μπορούν να συμπεριληφθούν και οι παρακάτω περιπτώσεις:

$N_2O_5(aq) + 2NaOH(aq) \rightarrow 2NaNO_3(aq) + H_2O(l)$

όξινο οξείδιο βάση άλας

$CaO(aq) + 2HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l)$

βασικό οξείδιο οξύ

• Στις εξουδετερώσεις περιλαμβάνονται οι αντιδράσεις:

1. οξύ + βάση
2. όξινο οξείδιο + βάση
3. βασικό οξείδιο + οξύ
4. όξινο οξείδιο + βασικό οξείδιο

• Για να προβλέψουμε τα προϊόντα της αντίδρασης θεωρούμε στη θέση του N_2O_5 το αντίστοιχο οξύ, δηλαδή, το HNO_3.

Μία εξαίρεση:
Στις αντιδράσεις της NH_3 με οξέα και στις αντιδράσεις μεταξύ όξινων και βασικών οξειδίων δεν έχουμε παραγωγή νερού. Π.χ.

$2NH_3(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow (NH_4)_2SO_4(aq)$

$3SO_3 + Fe_2O_3 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3(aq)$

Εφαρμογή

Να συμπληρωθούν οι αντιδράσεις:

1. πεντοξείδιο του φωσφόρου + υδροξείδιο του καλίου
2. τριοξείδιο του θείου + υδροξείδιο του αργιλίου
3. διοξείδιο του άνθρακα + υδροξείδιο του ασβεστίου
4. θειικό οξύ + οξείδιο του καλίου
5. νιτρικό οξύ + οξείδιο του σιδήρου (III)
6. πεντοξείδιο του αζώτου + οξείδιο του ασβεστίου

Ερωτήσεις Επανάληψης

11. Τι είναι η χημική αντίδραση;

12. Πότε μία αντίδραση χαρακτηρίζεται εξώθερμη και πότε ενδόθερμη;

13. Να διατυπώσετε το νόμο διατήρησης της μάζας.

14. α) Τι μας δείχνει η ταχύτητα μιας αντίδρασης;
β) Τι είναι ομογενής αντίδραση;

15. Πώς μπορούμε να αυξήσουμε την ταχύτητα μιας αντίδρασης;

16. Να αναφέρετε τρεις τρόπους με τους οποίους μπορούμε να αυξήσουμε την απόδοση μιας αντίδρασης.

17. Ποιες αντιδράσεις χαρακτηρίζονται:
α) οξειδοαναγωγικές
β) μεταθετικές
γ) σύνθεσης
δ) αποσύνθεσης
ε) απλής αντικατάστασης
στ) διπλής αντικατάστασης
ζ) εξουδετέρωσης
Να δώσετε από ένα παράδειγμα σε κάθε περίπτωση.

Ασκήσεις - Προβλήματα

1. Να περιγράψετε τέσσερις χημικές αντιδράσεις που γίνονται στην καθημερινή μας ζωή.

2. Να συμπληρώσετε τις προτάσεις:

α. Κάθε χημική αντίδραση συμβολίζεται με μία ..... .

β. Στη χημική εξίσωση διακρίνουμε ... . που συνδέονται μεταξύ τους με ....

γ. Στο πρώτο μέλος υπάρχουν τα ....

δ. Φάση είναι .....

ε. Αποτελεσματικές είναι οι κρούσεις .....

3. Να δώσετε μία σύντομη περιγραφή του τρόπου με τον οποίο μπορεί να πραγματοποιηθεί μία χημική αντίδραση.

*** 4.** Να βάλετε τους κατάλληλους συντελεστές στις παρακάτω αντιδράσεις:

α. $S + O_2 \rightarrow SO_3$

β. $Zn + HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$

γ. $C + FeO \rightarrow Fe + CO_2$

δ. $Cl_2 + KI \rightarrow KCl + I_2$

ε. $Al + HBr \rightarrow AlBr_3 + H_2$

*** 5.** Να δικαιολογήσετε τις παρακάτω προτάσεις:

1. Το μήλο σαπίζει πιο γρήγορα έξω από το ψυγείο.

2. Το υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2) διασπάται σε υδρογόνο και οξυγόνο παρουσία της χημικής ουσίας καταλάση.

3. Το ψυγείο ενός αυτοκινήτου σκουριάζει πιο εύκολα από ότι μία ηλεκτρική συσκευή.

6. Να συμπληρώσετε τις προτάσεις:

α. Αμφίδρομη λέγεται η αντίδραση .....

β. Η απόδοση μίας αντίδρασης δείχνει .....

7. Να συμπληρώσετε τις προτάσεις:

α. Απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει μία αντίδραση απλής αντικατάστασης είναι .....

β. Απαραίτητες προϋποθέσεις για να γίνει μία αντίδραση διπλής αντικατάστασης είναι .....

1. .....
2. .....
3. .....

8. Να γράψετε:

α) τα σύμβολα 8 μετάλλων κατά σειρά ελαττωμένης δραστικότητας.

β) τα σύμβολα 5 αμετάλλων κατά σειρά ελαττωμένης δραστικότητας.

*** 9.** Να συμπληρώσετε τις αντιδράσεις:

α) $Na(s) + Cl_2(g) \rightarrow \ldots$, β) $Al(s) + Br_2(l) \rightarrow \ldots$,

γ) $C(s) + O_2(g) \rightarrow \ldots$, δ) $N_2(g) + H_2(g) \rightarrow \ldots$,

ε) $H_2(g) + I_2(g) \rightarrow \ldots$, στ) $HgO(s) \rightarrow \ldots$,

ζ) $HCl(g) \rightarrow \ldots$, η) $H_2O_2 \xrightarrow{\text{καταλύτης}} \ldots$.

*** 10.** Να συμπληρώσετε όσες από τις παρακάτω αντιδράσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν:

1) $Na(s) + HCl(aq) \rightarrow \ldots$, 2) $Ag(s) + HCl(aq) \rightarrow \ldots$,

3) $Ba(s) + HI(aq) \rightarrow \ldots$, 4) $Al(s) + HCl(aq) \rightarrow \ldots$,

5) $Al(s) + FeBr_2(aq) \rightarrow \ldots$, 6) $Ca(s) + AgNO_3(aq) \rightarrow \ldots$,

7) $Fe(s) + K_3PO_4(aq) \rightarrow \ldots$, 8) $Br_2(l) + KI(aq) \rightarrow \ldots$,

9) $Cl_2(g) + AlI_3(aq) \rightarrow \ldots$, 10) $S(s) + KCl(aq) \rightarrow \ldots$,

11) $Zn(s) + H_2O(l) \rightarrow \ldots$, 12) $Mg(s) + H_2O(l) \rightarrow \ldots$,

13) $Ca(s) + H_2O(l) \rightarrow \ldots$, 14) $Ba(s) + H_2O(l) \rightarrow \ldots$

*** 11.** Να συμπληρώσετε όσες από τις παρακάτω αντιδράσεις μπορούν να πραγματοποιηθούν:

$AgNO_3(aq) + BaCl_2(aq) \rightarrow \ldots$, $NaNO_3(aq) + KCl(aq) \rightarrow \ldots$,

$H_2SO_4(aq) + AlBr_3(aq) \rightarrow \ldots$, $ZnCl_2(aq) + NaOH(aq) \rightarrow \ldots$,

$Pb(NO_3)_2(aq) + Na_2S(aq) \rightarrow \ldots$, $HNO_3(aq) + ZnCl_2(aq) \rightarrow \ldots$,

$Fe(NO_3)_3(aq) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow \ldots, KNO_3(aq) + CaBr_2(aq) \rightarrow \ldots,$

$NH_4Cl(aq) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow \ldots, CaSO_3(aq) + HCl(aq) \rightarrow \ldots,$

$Na_2CO_3(aq) + H_3PO_4(aq) \rightarrow \ldots$.

*** 12.** Να συμπληρώσετε τις παρακάτω αντιδράσεις:

$HNO_3(aq) + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow \ldots, Zn(OH)_2(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow \ldots,$

$KOH(aq) + H_3PO_4(aq) \rightarrow \ldots, Fe(OH)_3(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow \ldots,$

$N_2O_5 + NaOH(aq) \rightarrow \ldots, P_2O_5 + Ca(OH)_2(aq) \rightarrow \ldots,$

$CO_2(g) + Al(OH)_3(aq) \rightarrow \ldots, BaO + HCl(aq) \rightarrow \ldots,$

$Fe_2O_3 + HNO_3(aq) \rightarrow \ldots, Al_2O_3 + H_2SO_4(aq) \rightarrow \ldots,$

$NH_3(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow \ldots, NH_3(aq) + HBr(aq) \rightarrow \ldots,$

$CO_2 + Al_2O_3 \rightarrow \ldots, P_2O_5 + Na_2O \rightarrow \ldots$.

*** 13.** Να συμπληρώσετε τις αντιδράσεις:

$SO_3 + H_2O \rightarrow$

$N_2O_5 + H_2O \rightarrow$

$Na_2O + H_2O \rightarrow$

$MgO + H_2O \rightarrow$

$P_2O_5 + H_2O \rightarrow$

$Fe_2O_3 + H_2O \rightarrow$

14. Το SO_3 αντιδρά με διάλυμα KOH γιατί:

α. το SO_3 αντιδρά με όλες τις ενώσεις που περιέχουν H

β. όλα τα οξείδια αντιδρούν με τις βάσεις

γ. το SO_3 είναι αέρια ένωση

δ. τα όξινα οξείδια αντιδρούν με τα διαλύματα των βάσεων

15. Να κατατάξετε τα παρακάτω μέταλλα κατά σειρά μειωμένης δραστικότητας: Fe, Ca, Cu, Al, Pb, Ag, Na, Hg.

1... 2... 3... 4... 5... 6... 7... 8...

16. Να κατατάξετε τα παρακάτω αμέταλλα κατά σειρά αυξημένης δραστικότητας: Cl_2, I_2, S, F_2.

1... 2... 3... 4...

17. Να τοποθετήσετε σε κάθε κενό του ακόλουθου πίνακα τους τύπους των αλάτων που θα προκύψουν από την αντίδραση του κάθε οξέος που περιέχεται στην κάθετη στήλη και της ένωσης που περιέχεται στην οριζόντια στήλη.

	$Fe(OH)_3$	Na_2O	$CaCO_3$	NH_3
H_2SO_4				
HBr				
H_3PO_4				

18. Να χαρακτηρίσετε τις παρακάτω προτάσεις με Σ αν είναι σωστές ή με Λ αν είναι λανθασμένες:

α. διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου στο νερό

β. διάλυμα πεντοξειδίου του αζώτου στο νερό

γ. διάλυμα οξειδίου του καλίου στο νερό

δ. διάλυμα υδροχλωρίου στο νερό

19. Να χαρακτηρίσετε τις παρακάτω προτάσεις με Σ αν είναι σωστές ή με Λ αν είναι λανθασμένες:

α. τα βασικά οξείδια αντιδρούν με βάσεις

β. τα όξινα οξείδια αντιδρούν με βάσεις

γ. τα επαμφοτερίζοντα οξείδια αντιδρούν είτε με οξέα είτε με βάσεις

δ. όλα τα άλατα περιέχουν μεταλλικό κατιόν

ε. το υδροχλωρικό οξύ αντιδρά με όλα τα μέταλλα και ελευθερώνεται υδρογόνο

20. Να χαρακτηρίσετε τις παρακάτω προτάσεις με Σ αν είναι σωστές και με Λ αν είναι λανθασμένες:

α. το Na αντιδρά με το νερό και δίνει βάση και αέριο H_2

β. το Mg αντιδρά με τους υδρατμούς και δίνει οξείδιο του μα γνησίου και H_2

γ. για να πραγματοποιηθεί μία αντίδραση διπλής αντικατάστασης θα πρέπει να παράγεται οπωσδήποτε αέρια ένωση

δ. ο Ag αντιδρά με υδροχλωρικό οξύ και εκλύεται αέριο H_2

* **21.** Να χαρακτηρίσετε τις παρακάτω προτάσεις με Σ αν είναι σωστές ή με Λ αν είναι λανθασμένες και να τεκμηριώσετε τις απαντήσεις σας.

α. η αντίδραση: $Zn(s) + 2HCl(aq) \rightarrow ZnCl_2(aq) + H_2(g)$ είναι μεταθετική

β. η αντίδραση: $CaCO_3(s) \rightarrow CaO(s) + CO_2(g)$ είναι μεταθετική

γ. η αντίδραση: $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g)$ είναι οξειδοαναγωγική

δ. η αντίδραση: $Cu(OH)_2(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow CuSO_4(aq) + 2H_2O(l)$ είναι οξειδοαναγωγική

* **22.** Να συμπληρώσετε τις παρακάτω χημικές εξισώσεις ποιοτικά και ποσοτικά:

α. $HCl + K_2CO_3 \rightarrow \ldots + CO_2 + \ldots$

β. $FeS + \ldots \rightarrow H_2S + FeBr_2$

γ. $NaOH + \ldots \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$

δ. $K + H_2O \rightarrow \ldots + \ldots$

* **23.** Να συμπληρώσετε τις παρακάτω χημικές εξισώσεις ποιοτικά και ποσοτικά:

α. $\ldots + H_2O \rightarrow H_3PO_4$

β. $\ldots + H_2O \rightarrow Fe(OH)_2$

γ. $\ldots + H_2O \rightarrow NaOH + \ldots$

δ. $\ldots + \ldots \rightarrow NH_3$

ε. $HgO \rightarrow$ .... + ...

*** 24.** Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις των αντιδράσεων από τις οποίες παράγονται τα άλατα:

1. χλωριούχος σίδηρος (II)
2. θειικό νάτριο
3. φωσφορικό κάλιο
4. νιτρικός χαλκός (II)

από την εξουδετέρωση του κατάλληλου βασικού οξειδίου με το κατάλληλο οξύ.

25. Να γράψετε τις χημικές εξισώσεις των χημικών αντιδράσεων από τις οποίες προκύπτουν τα άλατα: $CaBr_2$, Na_3PO_4, $Al(NO_3)_3$ από την εξουδετέρωση του κατάλληλου οξέος με την κατάλληλη βάση.

*** 26.** Να αναφέρετε δύο παραδείγματα χημικών αντιδράσεων εξουδετέρωσης κατά τις οποίες δεν έχουμε παραγωγή νερού.

27. Κατά την επίδραση σκόνης μαγνησίου σε αραιό υδατικό διάλυμα υδροχλωρίου:

α. Δεν θα γίνει χημική αντίδραση.
β. Θα γίνει χημική αντίδραση αν θερμάνουμε το διάλυμα.
γ. Θα γίνει οπωσδήποτε χημική αντίδραση.
δ. Θα γίνει χημική αντίδραση αν το διάλυμα του υδροχλωρίου γίνει πυκνότερο.

Να αιτιολογήσετε τη σωστή απάντηση.

28. Κατά την ανάμειξη διαλύματος $AgNO_3$ με διάλυμα HBr θα γίνει χημική αντίδραση γιατί:

α. παράγεται αέριο
β. τα άλατα αντιδρούν πάντοτε με τα οξέα
γ. καταβυθίζεται ίζημα
δ. είναι μεταθετική αντίδραση

Να αιτιολογήσετε τη σωστή απάντηση.

*** 29.** Να γράψετε τις χημικές αντιδράσεις που οδηγούν στην παρασκευή των αλάτων Ag_2SO_4 και $Ca_3(PO_4)_2$ με αντιδρώντα σώματα:

α) οξύ και βάση
β) βάση και όξινο οξείδιο
γ) οξύ και βασικό οξείδιο
δ) βασικό οξείδιο και όξινο οξείδιο

30. Ποια είναι τα προϊόντα της αντίδρασης ενός οξέος:

α) με βάση, β) με βασικό οξείδιο, γ) με μέταλλο και δ) με άλας.

Με ποιες προϋποθέσεις αντιδρά ένα οξύ με ένα μέταλλο ή με ένα άλας;

*** 31.** Σε αποσταγμένο νερό προσθέτουμε μία σταγόνα διαλύματος φαινολοφθαλεΐνης και στη συνέχεια προσθέτουμε ένα μικρό κομμάτι νάτριο.

α) Να περιγράψετε δύο φαινόμενα που θα παρατηρήσετε μετά την προσθήκη του νατρίου.

β) Να γράψετε μία χημική εξίσωση που περιγράφει ένα από τα φαινόμενα που παρατηρήσατε.

*** 32.** Σε κάθε ένα από τα δοχεία Α, Β και Γ περιέχονται τα διαλύματα H_2SO_4, HCl και NaCl, χωρίς να γνωρίζουμε ποια χημική ένωση περιέχεται στο κάθε δοχείο. Σε κάθε δοχείο προσθέτουμε μικρή ποσότητα μεταλλικού βαρίου. Παρατηρούμε ότι στο δοχείο Α εκλύεται αέριο. Στο δοχείο Β δεν παρατηρούμε καμία αλλαγή, ενώ στο δοχείο Γ καταβυθίζεται ίζημα ενώ ταυτόχρονα εκλύεται αέριο. Να εξηγήσετε δίνοντας ταυτόχρονα και τις χημικές εξισώσεις των φαινομένων, ποιο ήταν το συγκεκριμένο περιεχόμενο του κάθε δοχείου πριν από την προσθήκη του βαρίου.

33. Σε ασθενή που βρέθηκε να πάσχει από υπερέκκριση γαστρικού υγρού ο γιατρός συνέστησε θεραπεία με χαπάκια ALUDROX τα οποία περιέχουν $Mg(OH)_2$ και $Al(OH)_3$, ενώ του απαγόρευσε να παίρνει ασπιρίνη. Πώς δικαιολογείτε την ιατρική συμβουλή;

*** 34.** Σε κάθε ένα από τα δοχεία Α, Β και Γ περιέχεται ένα από τα παρακάτω: διάλυμα ασπιρίνης, διάλυμα από χαπάκι ALUDROX και φυσιολογικός ορός (διάλυμα NaCl 0,9% w/v). Πώς θα διαπιστώσουμε το περιεχόμενο του κάθε δοχείου;

**** 35.** Σε ένα χημικό εργαστήριο υπάρχουν τρία δοχεία κατασκευασμένα από χαλκό και δύο δοχεία κατασκευασμένα από αργίλιο. Στα δοχεία αυτά θέλουμε να αποθηκεύσουμε για μεγάλο χρονικό διάστημα, χωρίς να αλλοιωθούν, τα παρακάτω διαλύματα:

1. θειικού σιδήρου (II): $FeSO_4$
2. χλωριούχου καλίου: KCl
3. θειικού μαγνησίου: $MgSO_4$
4. νιτρικού ψευδαργύρου: $Zn(NO_3)_2$
5. υδροχλωρικού οξέος: HCl

Σε τι είδους δοχείο πρέπει να αποθηκευτεί το κάθε διάλυμα;

Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.

Δίνεται η ηλεκτροχημική σειρά των στοιχείων:

K, Na, Mg, Al, Zn, H_2, Cu, Hg.

3. ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

1. Βλέπε θεωρία σελ. 83.

2. α) (χημική εξίσωση)
β) (δύο μέλη) (ένα βέλος →)
γ) (αντιδρώντα)
δ) (τμήμα ύλης ομογενές που χωρίζεται από το γύρω του χώρο με σαφή όρια).
ε) (που οδηγούν σε αντίδραση).

3. Βλέπε θεωρία σελ. 85 και 86.

4. α. $2\,S + 3\,O_2 \rightarrow 2\,SO_3$
β. $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$
γ. $C + 2\,FeO \rightarrow 2\,Fe + CO_2$
δ. $Cl_2 + 2\,KI \rightarrow 2KCl + I_2$
ε. $2\,Al + 6\,HBr \rightarrow 2AlBr_3 + 3\,H_2$

5. 1. Έξω από το ψυγείο έχουμε μεγαλύτερη θερμοκρασία, άρα μεγαλύτερη ταχύτητα της αντίδρασης.
2. Η χημική ουσία καταλάση είναι καταλύτης της αντίδρασης.
3.Στο ψυγείο του αυτοκινήτου υπάρχει νερό που προκαλεί πιο γρήγορα την οξείδωση του σιδήρου .

6. α. ... που δεν είναι πλήρεις, δηλαδή μέρος μόνο των αντιδρώντων μετατρέπεται σε προϊόντα.
β. ... τη σχέση μεταξύ της ποσότητας ενός προϊόντος που παίρνουμε πρακτικά και της ποσότητας που θα παίρναμε θεωρητικά, αν η αντίδραση ήταν πλήρης (μονόδρομη).

7. α. Βλέπε θεωρία σελ. 89.
β. Βλέπε θεωρία σελ. 90.

8. α) K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn.
β) F_2 , Cl_2 , Br_2 , O_2 , I_2.

9. α) $2\,Na + Cl_2 \rightarrow 2\,NaCl$ β) $2Al + 3Br_2 \rightarrow 2AlBr_3$
γ) $C + O_2 \rightarrow CO_2$ δ) $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$
ε) $H_2 + I_2 \rightarrow 2HI$ στ) $2HgO \rightarrow Hg + O_2$
ζ) $2HCl \rightarrow H_2 + Cl_2$ η) $H_2O_2 \xrightarrow{\text{καταλύτης}} H_2 + O_2$

10. 1) $2Na + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2$

2) $Ag + HCl \rightarrow$ * (δεν πραγματοποιείται, βλέπε σειρά δραστικότητας)

3) $Ba + 2HI \rightarrow BaI_2 + H_2$

4) $2Al + 6HCl \rightarrow 2AlCl_3 + 3H_2$

5) $2Al + 3FeBr_2 \rightarrow 2AlBr_3 + 3Fe$

6) $Ca + 2AgNO_3 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + 2Ag$

7) $Fe + K_3PO_4 \rightarrow$ *

8) $Br_2 + 2KI \rightarrow 2KBr + I_2$

9) $3Cl_2 + 2AlI_3 \rightarrow 2AlCl_3 + 3I_2$

10) $S + KCl \rightarrow$ *

11) $Zn + H_2O \rightarrow ZnO + H_2$

12) $Mg + H_2O \rightarrow MgO + H_2$

13) $Ca + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + H_2$

14) $Ba + 2H_2O \rightarrow Ba(OH)_2 + H_2$

11. Για να πραγματοποιηθεί μία αντίδραση διπλής αντικατάστασης πρέπει ένα από τα προϊόντα της αντίδρασης να είναι 1) ίζημα(↓) 2) αέριο(↑) ή 3) ουσία που να ιοντίζεται ελάχιστα.

$2AgNO_3 + BaCl_2 \rightarrow Ba(NO_3)_2 + 2AgCl\downarrow$

$NaNO_3 + KCl \rightarrow$ *

$3H_2SO_4 + 2AlBr_3 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 6HBr\uparrow$

$ZnCl_2 + 2NaOH \rightarrow 2NaCl + Zn(OH)_2\downarrow$

$Pb(NO_3)_2 + Na_2S \rightarrow 2NaNO_3 + PbS\downarrow$

$2HNO_3 + ZnCl_2 \rightarrow Zn(NO_3)_2 + 2HCl\uparrow$

$2Fe(NO_3)_3 + 3Ca(OH)_2 \rightarrow 3Ca(NO_3)_2 + 2Fe(OH)_3\downarrow$

$KNO_3 + CaBr_2 \rightarrow$ *

$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCl_2 + 2NH_3\uparrow + 2H_2O$

$CaSO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + SO_2\uparrow + H_2O$

$3Na_2CO_3 + 2H_3PO_4 \rightarrow 2Na_3PO_4 + 3CO_2\uparrow + 3H_2O$

12. $2HNO_3 + Ca(OH)_2 \rightarrow Ca(NO_3)_2 + 2H_2O$

$Zn(OH)_2 + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + 2H_2O$

$3KOH + H_3PO_4 \rightarrow K_3PO_4 + 3H_2O$

$2Fe(OH)_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O$

$N_2O_5 + 2NaOH \rightarrow 2NaNO_3 + H_2O$
$P_2O_5 + 3Ca(OH)_2 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2O$
$3CO_2 + 2Al(OH)_3 \rightarrow Al_2(CO_3)_3 + 3H_2O$
$BaO + 2HCl \rightarrow BaCl_2 + H_2O$
$Fe_2O_3 + 6HNO_3 \rightarrow 2Fe(NO_3)_3 + 3H_2O$
$Al_2O_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Al_2(SO_4)_3 + 3H_2O$
$2NH_3 + H_2SO_4 \rightarrow (NH_4)_2SO_4$
$NH_3 + HBr \rightarrow NH_4Br$
$3CO_2 + Al_2O_3 \rightarrow Al_2(CO_3)_3$
$P_2O_5 + 3Na_2O \rightarrow 2Na_3PO_4$

13. $SO_3 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$, $N_2O_5 + H_2O \rightarrow 2HNO_3$
$Na_2O + H_2O \rightarrow 2NaOH$, $MgO + H_2O \rightarrow Mg(OH)_2$
$P_2O_5 + 3\ H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$, $Fe_2O_3 + 3\ H_2O \rightarrow 2Fe(OH)_3$

14. δ.

15. 1. Ca 2. Na 3. Al 4. Fe 5. Pb 6. Cu 7. Hg 8. Ag.
16. 1. S 2. I_2 3. Cl_2 4. F_2
17.

	$Fe(OH)_3$	Na_2O	$CaCO_3$	NH_3
H_2SO_4	$Fe_2(SO_4)_3$	Na_2SO_4	$CaSO_4$	$(NH_4)_2SO_4$
HBr	$FeBr_3$	NaBr	$CaBr_2$	NH_4Br
H_3PO_4	$FePO_4$	Na_3PO_4	$Ca_3(PO_4)_2$	$(NH_4)_3PO_4$

18. Σ είναι α, δ Λ είναι β, γ.

19. Σ είναι β, γ Λ είναι α, δ, ε.

20. Σ είναι α, β Λ είναι γ, δ.

21. α) Είναι λανθασμένη γιατί έχουμε μεταβολή στους αριθμούς οξείδωσης και συγκεκριμένα για τον Zn (0→+2) και για το H_2 (+1→0).
β) είναι σωστή γιατί όλοι οι αριθμοί οξείδωσης παραμένουν σταθεροί.
γ) είναι σωστή γιατί έχουμε μεταβολή στους αριθμούς οξείδωσης και συγκεκριμένα για το H_2 (0→+1) και για το Cl_2 (0→-1).
δ) είναι λανθασμένη γιατί όλοι οι αριθμοί οξείδωσης παραμένουν σταθεροί.

22. α. $2HCl + K_2CO_3 \rightarrow 2KCl + CO_2 + H_2O$
β. $FeS + 2HBr \rightarrow H_2S + FeBr_2$
γ. $2NaOH + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + 2H_2O$
δ. $2K + 2H_2O \rightarrow 2KOH + H_2$

23. α. $P_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3PO_4$
β. $FeO + H_2O \rightarrow Fe(OH)_2$
γ. $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2$
δ. $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$
ε. $2HgO \rightarrow 2Hg + O_2$

24. 1. $FeO + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2O$
2. $Na_2O + H_2SO_4 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$
3. $3K_2O + 2H_3PO_4 \rightarrow 2K_3PO_4 + 3H_2O$
4. $CuO + 2HNO_3 \rightarrow Cu(NO_3)_2 + H_2O$

25. $Ca(OH)_2 + 2HBr \rightarrow CaBr_2 + 2H_2O$
$3NaOH + H_3PO_4 \rightarrow Na_3PO_4 + 3H_2O$
$Al(OH)_3 + 3HNO_3 \rightarrow Al(NO_3)_3 + 3H_2O$

26. α) $NH_3 + HCl \rightarrow NH_4Cl$
β) $3NH_3 + H_3PO_4 \rightarrow (NH_4)_3PO_4$

27. Σωστή απάντηση είναι η γ, γιατί το Mg είναι δραστικότερο από το υδρογόνο και θα ΄χουμε την αντίδραση
$Mg + 2HCl \rightarrow MgCl_2 + H_2$.

28. Σωστή απάντηση είναι η γ, γιατί από την αντίδραση καταβυθίζεται το ίζημα του AgBr.

29. α) $2AgOH + H_2SO_4 \rightarrow Ag_2SO_4 + 2H_2O$
$3Ca(OH)_2 + 2H_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 6H_2O$
β) $2AgOH + SO_3 \rightarrow Ag_2SO_4 + H_2O$
$3Ca(OH)_2 + P_2O_5 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2O$
γ) $Ag_2O + H_2SO_4 \rightarrow Ag_2SO_4 + H_2O$
$3CaO + 2H_3PO_4 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2 + 3H_2O$
δ) $Ag_2O + SO_3 \rightarrow Ag_2SO_4$
$3CaO + P_2O_5 \rightarrow Ca_3(PO_4)_2$

30. α) οξύ + βάση → άλας + νερό
β) οξύ + βασικό οξείδιο → άλας + νερό

γ) οξύ + μέταλλο → άλας + υδρογόνο
δ) οξύ + άλας → $οξύ_1$ + $άλας_1$
Για να αντιδράσει ένα οξύ με μέταλλο θα πρέπει το μέταλλο να είναι δραστικότερο του υδρογόνου. Για να αντιδράσει ένα οξύ με άλας θα πρέπει από την αντίδραση να παράγεται ίζημα ή αέρια ουσία ή ουσία που ιοντίζεται ελάχιστα.

31. α) Όταν προσθέσουμε νάτριο στο νερό γίνεται χημική αντίδραση και έχουμε παραγωγή υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) και έκλυση αερίου υδρογόνου (H_2). Παρατηρούμε την έκλυση του αερίου.
Η φαινολοφθαλεΐνη σε υδατικό διάλυμα βάσης παίρνει ανοικτό κόκκινο χρώμα. Παρατηρούμε την αλλαγή του χρώματος.
β) $2Na + 2H_2O \rightarrow 2NaOH + H_2\uparrow$

32. Έκλυση αερίου έχουμε από την αντίδραση του βαρίου με το διάλυμα του HCl (Δοχείο Α)
$Ba + 2HCl \rightarrow BaCl_2 + H_2\uparrow$
Καταβύθιση ιζήματος έχουμε από την αντίδραση του βαρίου με το διάλυμα του H_2SO_4 (Δοχείο Β)
$Ba + H_2SO_4 \rightarrow BaSO_4 + H_2$
Στο δοχείο Γ έχουμε το διάλυμα NaCl, όπου γίνεται απλώς η αντίδραση χωρίς παραγωγή ιζήματος ή αερίου
$Ba + 2NaCl \rightarrow BaCl_2 + 2Na$.

33. Από την υπερέκκριση γαστρικού υγρού έχουμε παραγωγή υδροχλωρικού οξέος (HCl) το οποίο εξουδετερώνεται από βάσεις όπως το $Mg(OH)_2$ και το $Al(OH)_3$ και όχι από ασπιρίνη που περιέχει οξύ (ακετυλοσαλικυλικό οξύ).

34. Το διάλυμα ασπιρίνης περιέχει οξύ (ακετυλοσαλικυλικό οξύ) το οποίο μετατρέπει σε κόκκινο το βάμμα του ηλιοτροπίου (δείκτης). Το διάλυμα με το χαπάκι ALUDROX περιέχει τις βάσεις $Mg(OH)_2$ και $Al(OH)_3$ που χρωματίζουν με ανοικτό κόκκινο χρώμα το διάλυμα φαινολοφθαλεΐνης (δείκτης).
Το διάλυμα του φυσιολογικού ορού (NaCl 0,9% w/v) δεν αλλάζει το χρώμα στο πεχαμετρικό χαρτί (δείκτης). Εδώ έχουμε ουδέτερο διάλυμα.

35. Θα πρέπει το δοχείο στο οποίο θα αποθηκευτεί το διάλυμα να είναι κατασκευασμένο από μέταλλο με το οποίο να μην μπορεί να αντιδρά το διάλυμα του HCl ή των αλάτων.

Έτσι το Al δεν μπορεί να αντιδράσει με το KCl και με το $MgSO_4$ και ο Cu δεν μπορεί να αντιδράσει με το $FeSO_4$, το $Zn(NO_3)_2$ και το HCl (από τη σειρά δραστικότητας).
Στο αλουμινένιο δοχείο αποθηκεύονται τα διαλύματα KCl και $MgSO_4$ ενώ στο χάλκινο δοχείο αποθηκεύονται τα διαλύματα $FeSO_4$, $Zn(NO_3)_2$ και HCl.

4

ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

4.1 Βασικές έννοιες για τους χημικούς υπολογισμούς: σχετική ατομική μάζα (ατομικό βάρος), σχετική μοριακή μάζα (μοριακό βάρος), mol, αριθμός Avogadro, γραμμομοριακός όγκος

4.2 Καταστατική εξίσωση των αερίων

4.3 Συγκέντρωση διαλύματος - Αραίωση, ανάμειξη διαλυμάτων

4.4 Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί

Ερωτήσεις - Προβλήματα

ΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Στο τέλος της διδακτικής αυτής ενότητας θα πρέπει να μπορείς:

- Να ορίζεις τι είναι σχετική ατομική μάζα (ατομικό βάρος) και τι σχετική μοριακή μάζα (μοριακό βάρος).
- Να αναλύεις την έννοια του mol και του γραμμομοριακού όγκου, παίρνοντας σαν βάση την υπόθεση Avogadro.
- Να υπολογίζεις τη μάζα, τον όγκο αερίου (σε STP συνθήκες) ή τον αριθμό μορίων, αν γνωρίζεις τον αριθμό των mol μιας καθαρής ουσίας και αντίστροφα.
- Να διατυπώνεις τους νόμους των αερίων. Να υπολογίζεις ένα από τα μεγέθη *P, V, T, n* μιας αέριας καθαρής ουσίας ή μίγματος, αν γνωρίζεις τα υπόλοιπα τρία μεγέθη. Να υπολογίζεις, μέσω της καταστατικής εξίσωσης την πυκνότητα ή τη σχετική μοριακή μάζα ενός αερίου.
- Να εκφράζεις τη συγκέντρωση ενός διαλύματος και να υπολογίζεις τη τιμή αυτής σ' ένα διάλυμα, αν γνωρίζεις τη μάζα της διαλυμένης ουσίας και τον όγκο του διαλύματος. Να υπολογίζεις τη συγκέντρωση ενός διαλύματος κατά την αραίωση ή την ανάμιξη του με άλλα διαλύματα (εφ' όσον δεν λαμβάνει χώρα αντίδραση μεταξύ τους).
- Να συνδέεις τις ποσότητες των αντιδρώντων με αυτές των προϊόντων, κάνοντας αναφορά στην ατομική θεωρία του Dalton. Να υπολογίζεις την ποσότητα ενός αντιδρώντος ή προϊόντος, αν γνωρίζεις την ποσότητα ενός άλλου αντιδρώντος ή προϊόντος (στοιχειομετρικοί υπολογισμοί).

Η παρασκευή του PbI_2 (κίτρινο ίζημα) με αντίδραση KI (άχρωμο διάλυμα) με $Pb(NO_3)_2$ (άχρωμο διάλυμα) αποτελεί μία χαρακτηριστική αντίδραση διπλής αντικατάστασης. Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της χημικής εξίσωσης μπορεί να υπολογιστεί η ποσότητα του ιζήματος, αν δίνονται οι ποσότητες των αντιδρώντων σωμάτων.

4 ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΑ

Εισαγωγή

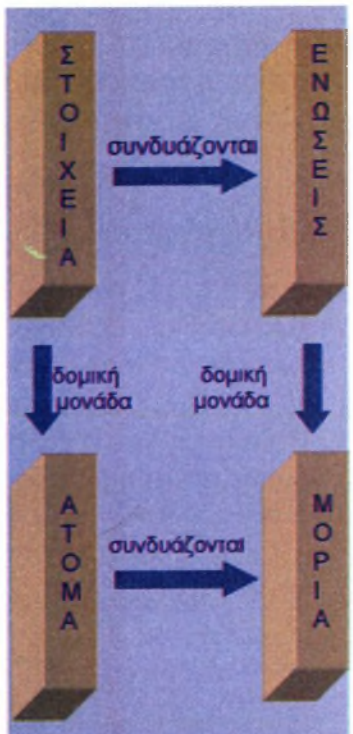
Στις θετικές επιστήμες, άρα και στη χημεία, η «αλήθεια μετριέται». Τίποτα δε γίνεται αποδεκτό αν δε μετρηθεί με κάποιο τρόπο. Επειδή δε το βασικό αντικείμενο της χημείας είναι η ύλη, πρέπει να μάθουμε πώς αυτή μπορεί να μετρηθεί. Στο κεφάλαιο αυτό προσεγγίζονται δύο τρόποι. Ο ένας είναι η μέτρηση της μάζας, m, σαν ποσό της ύλης που περιέχεται στο συγκεκριμένο σώμα. Έτσι θα γνωρίσουμε το ζυγό και το kg. Όμως, η ύλη μετριέται και μ' άλλο τρόπο, αφού εκτός από 1,5 kg ζάχαρη υπάρχουν και 11 μαθητές ή 36 αυγά...

Ο δεύτερος αυτός τρόπος ξεκινά από το γεγονός ότι η ύλη είναι *ασυνεχής*, δηλαδή είναι πολλαπλάσια μιας *δομικής μονάδας* είτε αυτή είναι μόριο ή ίόν ή άτομο. Συνεπώς, η ύλη μπορεί να μετρηθεί και σαν αριθμός, N (N = number), αυτών των δομικών μονάδων. Μάλιστα, επειδή ο αριθμός αυτός είναι τεράστιος - λόγω της απειροελάχιστης μάζας των δομικών μονάδων - εισάγεται ο αριθμός Avogadro (N_A) σαν η «χημική δωδεκάδα ή ντουζίνα». Κατ' επέκταση, ορίζεται ως mol η ποσότητα της ουσίας (n) η οποία περιέχει έναν ορισμένο αριθμό σωματιδίων.

Η σύνδεση αυτών των δύο τρόπων μέτρησης θα εξηγήσει καλύτερα τις έννοιες της *σχετικής ατομικής και μοριακής μάζας (ή ατομικού και μοριακού βάρους)*, που είναι η βάση της στοιχειομετρίας και των στοιχειομετρικών υπολογισμών.

Επίσης θα δούμε πως ο χημικός τύπος μιας ένωσης και η χημική εξίσωση παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τη μάζα και την ποσότητα της ύλης των σωμάτων που μετέχουν στην αντίδραση. Επειδή, μάλιστα, οι περισσότερες αντιδράσεις γίνονται σε διαλύματα, μοιραία θα οδηγηθούμε στον ορισμό της συγκέντρωσης (c) του διαλύματος, που αποτελεί τη βασική χημική μονάδα περιεκτικότητας.

Στενά λοιπόν ορισμένη αυτή η σύνθετη ελληνική λέξη (*στοιχείο + μέτρηση*) δηλώνει τη μελέτη των ποσοτήτων αντιδρώντων και προϊόντων μιας χημικής αντίδρασης - εξίσωσης. Ουσιαστικά αυτό ήταν και το πιο σημαντικό βήμα στην πορεία της χημείας, καθώς απ' αυτήν προέκυψαν οι ακριβέστατες αναλογίες μαζών, σύμφωνα με τις οποίες τα στοιχεία και οι ενώσεις παράγονται ή αντιδρούν. Όλη η νεώτερη χημεία στηρίχτηκε στα δεδομένα αυτά. Απαντήσεις σε προβλήματα όπως, πόσα g μιας βιταμίνης χρειάζεται ημερήσια ο οργανισμός ή ποια είναι η εν δυνάμει παραγωγή ενός μεταλλείου σε μέταλλο ή ποια είναι η ζωή μιας μπαταρίας ή ποια είναι η εκρηκτική ικανότητα μιας ράβδου δυναμίτιδας, ανάγονται τελικά σε κάποιους στοιχειομετρικούς υπολογισμούς.



Θεμέλιος λίθος για τους χημικούς υπολογισμούς αποτέλεσε η ατομική θεωρία του Dalton η οποία σε γενικές γραμμές περιγράφεται από το παραπάνω σχήμα.

• Είναι 3 δωδεκάδες αυγά, $n = 3$ και
N = 3 δωδ. · 12 αυγά / δωδ=36 αυγά
Κατ' αναλογία σε 3 mol H_2O περιέχονται 3 N_A μόρια νερού.

4.1 Βασικές έννοιες για τους χημικούς υπολογισμούς: σχετική ατομική μάζα, σχετική μοριακή μάζα, mol, αριθμός Avogadro, γραμμομοριακός όγκος

Σχετική ατομική μάζα - Σχετική μοριακή μάζα

Από πολύ νωρίς, σχεδόν αμέσως μετά τη διατύπωση της ατομικής θεωρίας του Dalton (1803), και για μεγάλο χρονικό διάστημα, οι χημικοί εστιάστηκαν στο θέμα του προσδιορισμού της μάζας των ατόμων και μορίων. Το μέγεθος βέβαια των σωματιδίων αυτών είναι ασύλληπτα μικρό με αποτέλεσμα να καθίσταται αδύνατος ο απόλυτος υπολογισμός της μάζας τους. Ωστόσο, αυτό που ήταν δυνατό να γίνει, και έγινε με τη βοήθεια των ποσοτικών αναλύσεων καθαρών ουσιών, ήταν η σύγκριση της μάζας των ατόμων και των μορίων με μία συγκεκριμένη μονάδα μάζας. Αυτή είναι η ατομική μονάδα μάζας:

➢ *Ατομική μονάδα μάζας (amu) ορίζεται ως το 1/12 της μάζας του ατόμου του άνθρακα -12 (^{12}C).*

Να σημειωθεί ότι ο ^{12}C είναι εκείνο το ισότοπο του άνθρακα που έχει 6 πρωτόνια και 6 νετρόνια στον πυρήνα του. Ως εκ τούτου, μία ατομική μονάδα μάζας υπολογίζεται ότι είναι ίση με 1,66 10^{-24} g.

Σχετική ατομική μάζα (A_r) ή ατομικό βάρος (ΑΒ)

➢ *Σχετική ατομική μάζα ή ατομικό βάρος λέγεται ο αριθμός που δείχνει πόσες φορές είναι μεγαλύτερη η μάζα του ατόμου του στοιχείου από το 1/12 της μάζας του ατόμου του άνθρακα -12.*

Έτσι λοιπόν, όταν λέμε ότι η σχετική ατομική μάζα του οξυγόνου είναι 16, εννοούμε ότι η μάζα του ατόμου του οξυγόνου είναι δεκαέξι φορές μεγαλύτερη από το 1/12 της μάζας του ατόμου ^{12}C. Δηλαδή, $A_{r\,O} = 16$.
Να παρατηρήσουμε ότι οι σχετικές ατομικές μάζες είναι καθαροί αριθμοί εκφρασμένες σε amu. Έτσι, αν θέλουμε να υπολογίσουμε την απόλυτη ατομική μάζα αρκεί να πολλαπλασιάσουμε τη σχετική ατομική μάζα με το 1,66 10^{-24} g .

Τέλος, μελετώντας τον πίνακα των σχετικών ατομικών μαζών στο παράρτημα του βιβλίου, μπορούμε να παρατηρήσουμε, πως πολλά στοιχεία έχουν δεκαδικές τιμές A_r αντί για ακέραιες που θα περιμέναμε με βάση τον ορισμό της σχετικής ατομικής μάζας. Στις περιπτώσεις αυτές, οι τιμές του πίνακα αναφέρονται στο μέσο όρο των σχετικών ατομικών μαζών των ισοτόπων, όπως αυτά απαντούν στη φύση.

Παράδειγμα 4.1

Αν θεωρήσουμε ότι ο φυσικός άνθρακας αποτελείται από 98,9% ^{12}C και 1,1% ^{13}C , να υπολογιστεί η σχετική ατομική μάζα του φυσικού άνθρακα δεχόμενοι ότι το A_r του ^{12}C είναι 12 και το A_r του ^{13}C είναι 13.

• Η σχετική ατομική μάζα (Ατομικό Βάρος) τις πιο πολλές φορές στην Ελληνική βιβλιογραφία συμβολίζεται με ΑΒ. Στο παρόν βιβλίο υιοθετείται η πρόταση της IUPAC και συμβολίζεται A_r.

• Η σχετική μοριακή μάζα (Μοριακό Βάρος) τις πιο πολλές φορές στην Ελληνική βιβλιογραφία συμβολίζεται με ΜΒ. Στο παρόν βιβλίο υιοθετείται η πρόταση της IUPAC και συμβολίζεται M_r.

• Ο ορισμός της Ατομικής Μονάδας Μάζας σε διάφορες χρονικές περιόδους.

1 amu ισούται :

- με τη μάζα του ενός ατόμου Η (19ος αιώνας)
- με το 1/16 της μάζας του ατόμου του Ο (1904)
- με το 1/12 της μάζας του ατόμου του C (1961- σήμερα)
- 1,66 10^{-24} g

• $A_r = \dfrac{m_{\text{ατόμου}}}{1/12\, m_{\text{ατόμου}}\,{}^{12}C}$

• Με το φασματόμετρο μάζας μπορεί να προσδιοριστεί με ακρίβεια η σύσταση των ισοτόπων σ' ένα στοιχείο στη φύση, καθώς και οι σχετικές ατομικές μάζες των ισοτόπων.

ΛΥΣΗ

Έχουμε ότι η σχετική ατομική μάζα του φυσικού άνθρακα είναι:

$$\frac{98,9}{100}\cdot 12+\frac{1,1}{100}\cdot 13=12,011$$

Εφαρμογή

Ο χαλκός, ένα μέταλλο γνωστό από τους αρχαίους χρόνους, χρησιμοποιείται στα ηλεκτρικά καλώδια, στα νομίσματα κλπ. Με δεδομένο ότι ο χαλκός απαντά στη φύση με τη μορφή δύο ισοτόπων ^{63}Cu (σε ποσοστό 69,09%) και ^{65}Cu (σε ποσοστό 30,91%) να υπολογιστεί τη σχετική ατομική μάζα του φυσικού Cu.

(63,55)

Σχετική μοριακή μάζα (M_r) ή Μοριακό βάρος (ΜΒ)

➢ *Σχετική μοριακή μάζα ή μοριακό βάρος (M_r) χημικής ουσίας λέγεται ο αριθμός που δείχνει πόσες φορές είναι μεγαλύτερη η μάζα του μορίου του στοιχείου ή της χημικής ένωσης από το 1/12 της μάζας του ατόμου του άνθρακα -12.*

Έτσι λοιπόν όταν λέμε ότι το μοριακό βάρος του θειικού οξέος (H_2SO_4) είναι 98, εννοούμε ότι η μάζα του μορίου του θειικού οξέος είναι 98 φορές μεγαλύτερη από το 1/12 της μάζας του ατόμου ^{12}C.

Το M_r μπορεί να υπολογιστεί εύκολα με βάση το μοριακό τύπο, ακολουθώντας το παρακάτω σκεπτικό:

α. Το M_r στοιχείου ισούται με το γινόμενο του A_r επί την ατομικότητα του στοιχείου. Π.χ. $M_{r\ N_2} = 2\cdot A_{r\ N} = 2\cdot 14 = 28$

β. Το M_r χημικής ένωσης ισούται με το άθροισμα των γινομένων των δεικτών των στοιχείων στο μοριακό τύπο της ένωσης επί τα αντίστοιχα A_r των στοιχείων Π.χ. $M_{r\ H_2S} = 2\cdot A_{r\ H} + 1\cdot A_{r\ S} = 2\cdot 1+1\cdot 32 = 34$

• Χημική ουσία: στοιχείο ή χημική ένωση.

• $M_r = \dfrac{m_{\mu o\rho\acute{\iota}o\upsilon}}{1/12\, m_{\alpha\tau\acute{o}\mu o\upsilon}\ ^{12}C}$

• Η έννοια του M_r επεκτείνεται και στις ιοντικές ενώσεις, παρ' όλο που σ' αυτές δεν υπάρχουν μόρια.

Παράδειγμα 4.2

Να υπολογιστούν οι σχετικές μοριακές μάζες (M_r):

α. P_4 β. $Al_2(SO_4)_3$

Δίνονται: A_r: P:31, Al :27, O:16, S:32.

ΛΥΣΗ

α. $M_{r\ P_4} = 4\cdot A_{r\ P} = 4\cdot 31 = 124$

β. $M_{r\ Al_2(SO_4)_3} = 2\cdot A_{r\ Al} + 3\,(A_{r\ S} + 4\cdot A_{r\ O}) = = 2\cdot 27 + 3(32+4\cdot 16) = 342$

Εφαρμογή

Να βρεθούν οι σχετικές μοριακές μάζες (M_r):
α.Cl_2, β.O_3, γ.CO_2, δ.HNO_3, ε.$Ca_3(PO_4)_2$
Δίνονται οι τιμές A_r. Cl: 35,5, O: 16, C: 12, H: 1, N: 14, Ca: 40, P: 31.

Το mol: μονάδα ποσότητας ουσίας στο S.I.

Όπως ήδη αναφέραμε, η ύλη μπορεί να μετρηθεί είτε με βάση τη μάζα είτε αριθμώντας τις δομικές της μονάδες (άτομα, μόρια ή ιόντα), όπως ακριβώς στην καθημερινή μας ζωή μπορούμε να αγοράζουμε πορτοκάλια είτε με το ζύγι είτε με τα κομμάτια.

Είναι γνωστό ότι οι χημικές αντιδράσεις γίνονται μεταξύ μορίων (ή ατόμων ή ιόντων) με μία ορισμένη αναλογία, πράγμα που καθιστά αναγκαία τη μέτρηση του αριθμού των δομικών σωματιδίων για τους υπολογισμούς μας (π.χ. πόσα μόρια H_2O παράγονται από την καύση 5 μορίων H_2, σύμφωνα με τη χημική εξίσωση $2H_2 + O_2 \rightarrow H_2O$;)

Ωστόσο, ο αριθμός των δομικών σωματιδίων είναι αστρονομικός. Έτσι, οι χημικοί οδηγήθηκαν στη χρήση μιας μονάδας που ονομάζεται ***mol***.

➢ *Το mol είναι μονάδα ποσότητας ουσίας στο Διεθνές Σύστημα μονάδων (S.I.) και ορίζεται ως η ποσότητα της ύλης που περιέχει τόσες στοιχειώδεις οντότητες όσος είναι ο αριθμός των ατόμων που υπάρχουν σε 12 g του ^{12}C.*

Ο αριθμός των ατόμων που περιέχονται σε 12 g του ^{12}C ονομάζεται ***αριθμός Avogadro (N_A)*** και υπολογίσθηκε με πειραματικές μεθόδους και με μεγάλη προσέγγιση ίσος με $\mathbf{6{,}02 \cdot 10^{23}}$. Δηλαδή,

$$N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}\ mol^{-1}$$

Με αυτές τις σκέψεις καταλήγουμε:

1 mol είναι η ποσότητα μιας ουσίας που περιέχει N_A οντότητες.

Με τον όρο οντότητες εννοούμε άτομα, μόρια, ιόντα, ηλεκτρόνια, αυγά κλπ. Έτσι, έχουμε:

➢ *1mol ατόμων* περιέχει N_A *άτομα*.

➢ *1mol μορίων* περιέχει N_A *μόρια*.

➢ *1mol ιόντων* περιέχει N_A *ιόντα*.

Συνοψίζοντας, μπορούμε να πούμε ότι ο χημικός επινόησε το mol για τη μέτρηση των δομικών σωματιδίων (ατόμων, μορίων, ιόντων), όπως ακριβώς ο έμπορος επινόησε την ντουζίνα (δωδεκάδα) για τη μέτρηση των αυγών, όπου τη θέση της ντουζίνας (12) κατέχει ο αριθμός Avogadro($6{,}02 \cdot 10^{23}$).

Ο αριθμός Avogadro, όπως επεκράτησε να αποκαλείται προς χάρη του διάσημου Ιταλού χημικού, υπολογίστηκε από τον Αυστριακό καθηγητή γυμνασίου Loschmidt.
Η σημερινή ακριβής τιμή του αριθμού Avogadro, μετά από πολυάριθμες πειραματικές μετρήσεις, συμφωνήθηκε ότι είναι $6{,}0252 \cdot 10^{23}$. Συνήθως όμως χρησιμοποιείται για απλούστευση η τιμή $6{,}02 \cdot 10^{23}$. Στην πραγματικότητα βέβαια οι δύο αυτοί διαφέρουν πολύ μεταξύ τους. Φανταστείτε αν τα νούμερα αυτά αντιπροσώπευαν δραχμές και η διαφορά τους μοιραζόταν στο σημερινό πληθυσμό της γης, ο καθένας μας θα έπαιρνε περίπου 10 δισεκατομμύρια δραχμές.
Για να καταλάβετε το μέγεθος αυτών των αριθμών ας δώσουμε ένα άλλο παράδειγμα. Σκεφτείτε ότι κάποιος κέρδισε στο λαχείο, τη μέρα που γεννήθηκε N_A δραχμές και αποφάσιζε να τα ξοδέψει. Αν σπαταλούσε 1 δισεκατομμύριο δρχ το δευτερόλεπτο τότε πεθαίνοντας στα 90 του θ' είχε αφήσει άθικτο το 99,999% του αρχικού ποσού.

• Ο όρος **mol** προέρχεται από τη λατινική λέξη **moles** που σημαίνει σωρό από πέτρες, τοποθετημένες για την κατασκευή λιμενοβραχίονα.

Τέλος, με βάση τους ορισμούς που δώσαμε για τις σχετικές ατομικές και σχετικές μοριακές μάζες, μπορούμε να συνδέσουμε τα μακροσκοπικά μεγέθη μάζα και όγκο με το μικρόκοσμο των δομικών σωματιδίων (άτομα, μόρια ή ιόντα) ή διαφορετικά να γεφυρώσουμε το πείραμα (π.χ. μετρήσεις με ζυγό) με τη θεωρία (π.χ. ατομική θεωρία)

➢ *Ο αριθμός Avogadro εκφράζει τον αριθμό των ατόμων οποιουδήποτε στοιχείου που περιέχονται σε μάζα τόσων γραμμαρίων όσο είναι η σχετική ατομική μάζα του. Δηλαδή,*

1 mol ατόμων περιέχει N_A άτομα και ζυγίζει A_r g

π.χ. 1 mol ατόμων O περιέχει $6{,}02 \cdot 10^{23}$ άτομα και ζυγίζει 16 g ($A_{r\,O}$=16) και 1 mol ατόμων Fe περιέχει $6{,}02 \cdot 10^{23}$ άτομα και ζυγίζει 56g ($A_{r\,Fe}$=56)

➢ *Ο αριθμός Avogadro εκφράζει τον αριθμό των μορίων στοιχείου χημικής ένωσης που περιέχονται σε μάζα τόσων γραμμαρίων όσο είναι η σχετική μοριακή μάζα τους. Έτσι, έχουμε:*

1 mol μορίων περιέχει N_A μόρια και ζυγίζει M_r g

π.χ. 1 mol μορίων N_2 περιέχει $6{,}02 \cdot 10^{23}$ μόρια και ζυγίζει 28 g (M_r = 28) και 1 mol μορίων H_2O περιέχει $6{,}02 \cdot 10^{23}$ μόρια και ζυγίζει 18 g (M_r=18)

ΣΧΗΜΑ 4.1 Από αριστερά προς τα δεξιά ποσότητες 1 mol από : μαγειρικό αλάτι (NaCl), ζάχαρη ($C_{12}H_{22}O_{11}$), άνθρακα (C), χαλκό (Cu).

• ο όρος mol είναι γενικός και έχει εκτοπίσει την ορολογία g-at (γραμμοάτομο). g-ion (γραμμοϊόν).

1 mol H_2O (18 g) σε σύγκριση με 1 mol οινοπνεύματος- C_2H_5OH (46 g)

1 mol NaCl (58 g) σε σύγκριση με 1 mol $CaCO_3$ (100 g)

Παράδειγμα 4.3

Πόσο ζυγίζει το 1 άτομο υδρογόνου; ($A_{r\,H}$=1)

ΛΥΣΗ

Σύμφωνα με τον ορισμό του mol:

$$\frac{N_A \text{ άτομα H}}{1 \text{ άτομο}} \overset{\text{ζυγίζουν}}{=} \frac{1\,\text{g}}{m_{\text{ατόμου}}} \quad \text{άρα}$$

$$m_{\text{ατόμου}} = \frac{1\,\text{g}}{N_A} = 1{,}66 \cdot 10^{-23}\,\text{g}$$

Εφαρμογή

Να υπολογιστεί η μάζα του ατόμου του υδραργύρου (A_{rHg} = 200).

($3{,}32 \cdot 10^{-22}$ g)

Παράδειγμα 4.4

Πόσο ζυγίζει το 1 μόριο του θειικού οξέος (H_2SO_4);
Δίνονται οι τιμές A_r. H: 1, S:32, O:16.

ΛΥΣΗ

$Mr_{H_2SO_4} = 2 \cdot 1 + 1 \cdot 32 + 4 \cdot 16 = 98$

Σύμφωνα με τον ορισμό του mol:

$$\frac{N_A \text{ μόρια}}{1 \text{ μόριο}} \overset{\text{ζυγίζουν}}{=} \frac{98 \text{ g}}{m_{\text{μορίου}}} \quad \text{άρα}$$

$$m_{\text{μορίου}} = \frac{98 \text{ g}}{N_A} = 1{,}63 \cdot 10^{-22} \text{ g}$$

Εφαρμογή

Να υπολογιστεί η μάζα του μορίου της ζάχαρης ($C_{12}H_{22}O_{11}$).
Δίνονται οι τιμές Ar: C: 12, H: 1, O: 16.

($5{,}67 \cdot 10^{-22}$ g)

Γραμμομοριακός όγκος (V_m)

Ο Ιταλός φυσικός Avogadro διατύπωσε το 1811 την ομώνυμη υπόθεση (ή αρχή ή νόμο) στην προσπάθειά του να ερμηνεύσει το νόμο Gay-Lussac, ο οποίος αναφέρεται στην αναλογία όγκων που έχουν τα αέρια, όταν ενώνονται. Σύμφωνα με την υπόθεση αυτή:

➢ *Ίσοι όγκοι αερίων ή ατμών στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης περιέχουν τον ίδιο αριθμό μορίων. Ισχύει και το αντίστροφο, δηλαδή ίσοι αριθμοί μορίων ή ατμών που βρίσκονται στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης καταλαμβάνουν τον ίδιο όγκο.*

Όπως γνωρίζουμε, 1 mol χημικής ουσίας περιέχει σταθερό αριθμό μορίων, οποίος καθορίζεται από τον αριθμό Avogadro (N_A).

$$N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$

Με βάση τα παραπάνω δεδομένα καταλήγουμε ότι το 1 ***mol*** οποιουδήποτε αερίου καταλαμβάνει τον ίδιο όγκο, ο οποίος ονομάζεται γραμμομοριακός όγκος.

➢ *Γραμμομοριακός όγκος (V_m) αερίου ονομάζεται ο όγκος που καταλαμβάνει το 1 mol αυτού, σε ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης.*

Amedeo Avogadro (1776-1856). Ιταλός αριστοκράτης. Σπούδασε νομικά και έγινε δημόσιος υπάλληλος. Η ενασχόληση του με τις φυσικές επιστήμες άρχισε με διάβασμα κατά τις ελεύθερες ώρες του και παρακολούθηση μαθημάτων φυσικής στο πανεπιστήμιο. Αργότερα έγινε καθηγητής σε γυμνάσιο και έχοντας περισσότερο χρόνο στη διάθεση του συνέχισε τις μελέτες του. Βέβαια η έλλειψη εργαστηριακού χώρου και το γενικότερο υπόβαθρο του, συνέβαλε στο να αφοσιωθεί σε θεωρητικές μελέτες, αποτελώντας ίσως τον πρώτο θεωρητικό επιστήμονα των φυσικών επιστημών. Το 1820 έγινε καθηγητής στο πανεπιστήμιο, καταλαμβάνοντας την έδρα της μαθηματικής φυσικής.

• Η υπόθεση Avogadro ξεκίνησε σαν μια υπόθεση η οποία σήμερα έχει ισχύ νόμου (αρχής). Με βάση αυτή την υπόθεση ο Avogadro απέδειξε για πρώτη φορά τη διαφορά μεταξύ των ατόμων και μορίων.

• Αέρια: Α, Β, Γ,
1mol A → N_A μόρια → V_A
1mol B → N_A μόρια → V_B
1mol Γ → N_A μόρια → $V_Γ$
άρα $V_A = V_B = V_Γ = \ldots = V_m$

• Ο V_m αναφέρεται και σαν Μοριακός όγκος ή μολαρικός όγκος

Σε πρότυπες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, STP, δηλαδή, σε θερμοκρασία 0 °C (ή 273 K) και πίεση 1 atm (760mmHg), ο γραμμομοριακός όγκος των αερίων βρέθηκε πειραματικά ίσος με 22,4 L.

Δηλαδή, $V_m = 22{,}4\ L\ mol^{-1}$ σε STP συνθήκες

• Απόλυτη θερμοκρασία, T (K):
T = θ °C+273
• 1atm = 760 mmHg

ΣΧΗΜΑ 4.2 Ο γραμμομοριακός όγκος (V_m) σε STP συνθήκες είναι ο όγκος των 22,4 L που καταλαμβάνει το κίτρινο κουτί. Για σύγκριση βάζουμε τη μπάλα.

• Οι πρότυπες συνθήκες πολλές φορές στην Ελληνική βιβλιογραφία συμβολίζονται με ΚΣ (Κανονικές Συνθήκες). Στο παρόν βιβλίο υιοθετείται ο διεθνώς καθιερωμένος συμβολισμός STP.
• STP συνθήκες (Standard Temperature Pressure).

Ο πίνακας που ακολουθεί συνοψίζει όσα αναφέραμε και θα μας φανεί ιδιαίτερα χρήσιμος στην επίλυση των προβλημάτων που ακολουθούν.

N_A άτομα ⟷ 1mol ατόμων ⟷ A_r g

* ↕ μέσω του μοριακού τύπου

N_A μόρια ⟷ 1mol μορίων ⟷ M_r g

↕ STP και μονο για αέρια

$V_m = 22{,}4\ L = 22\ 400\ mL$

* Μέσω του μοριακού τύπου υπολογίζουμε τον αριθμό των mol ατόμων που περιέχονται σε συγκεκριμένο αριθμό mol της χημικής ουσίας.
Για παράδειγμα, από το μοριακό τύπο του θειικού οξέος (H_2SO_4) έχουμε:

στο 1 μόριο H_2SO_4 → 2 άτομα H, 1 άτομο S, 4 άτομα O

ή

στο 1 mol H_2SO_4 → $2N_A$ άτομα H → 2 mol ατόμων H; $1N_A$ άτομα S → 1 mol ατόμων S; $4N_A$ άτομα O → 4 mol ατόμων O

Σύγκριση του όγκου που καταλαμβάνει 1mol αερίου He (4 g) με 1 mol στερεού Cu (64 g) και 1mol Hg (201 g) σε STP συνθήκες.

Στα παραδείγματα που ακολουθούν συσχετίζονται τα μεγέθη:

1. αριθμός mol
2. μάζα
3. αριθμός μορίων
4. όγκος (μόνο για αέρια)

μιας καθαρής ουσίας (στοιχείου ή ένωσης). Μάλιστα με βάση την τιμή του ενός μεγέθους μπορούμε να υπολογίζουμε τα υπόλοιπα τρία.

Παράδειγμα 4.5

Ποσότητα υδρόθειου (H_2S) ζυγίζει 170 g.
α Πόσα mol είναι η ποσότητα αυτή;
β. Πόσο όγκο καταλαμβάνει η ποσότητα αυτή σε STP συνθήκες.;
γ. Πόσα μόρια H_2S περιέχονται στην ποσότητα αυτή;
Δίνονται οι σχετικές ατομικές μάζες A_r. H:1, S:32.

• Το H_2S είναι αέριο σε STP (Κ.Σ) συνθήκες.

ΛΥΣΗ

α. Όπως έχουμε δει, το 1 mol μιας χημικής ένωσης ή ενός στοιχείου ζυγίζει τόσα g, όση είναι η σχετική μοριακή μάζα της χημικής ένωσης ή του στοιχείου. Επομένως,

$$\text{το } \frac{1\ \text{mol}\ H_2S}{n} \overset{\text{ζυγίζει}}{=} \frac{34\ \text{g}}{170\ \text{g}}$$

ή $n = 5$ mol H_2S.

Παρατήρηση

Ο υπολογισμός αυτός μπορεί να γίνει κάνοντας χρήση της σχέσης:

$$n = \frac{m}{M_r\ g/\text{mol}}$$

όπου n = ο αριθμός των mol και m= η μάζα της χημικής ουσίας.
Στη συγκεκριμένη περίπτωση έχουμε:

$$n_{H_2S} = \frac{m}{M_r\ \text{g/mol}} = \frac{170\ \text{g}}{34\ \text{g/mol}} = 5\ \text{mol}$$

β. Το 1 mol αέριας χημικής ένωσης καταλαμβάνει ως γνωστόν όγκο

$$\frac{1\ \text{mol}\ H_2S}{5\ \text{mol}} = \frac{22{,}4\ \text{L}}{V} \quad \text{ή} \quad V = 112\ \text{L αερίου}\ H_2S$$

22,4 L σε STP. Επομένως,

γ. Επίσης γνωρίζουμε ότι 1 mol οποιασδήποτε χημικής ουσίας περιέχει N_A μόρια. Επομένως,

$$\frac{1\ \text{mol}\ H_2S}{5\ \text{mol}} = \frac{N_A\ \text{μόρια}}{x} \quad \text{ή} \quad x = 5N_A\ \text{μόρια, δηλαδή}\ 5 \cdot 6{,}02 \cdot 10^{23}\ \text{μόρια!}$$

Εφαρμογή

α. Πόσα μόρια αμμωνίας (NH_3) περιέχονται σε 1,12 L αυτής σε STP;
β. Πόσο ζυγίζουν τα $1{,}8066 \cdot 10^{24}$ μόρια NH_3;
Δίνονται οι τιμές των A_r. N: 14, H: 1.

(α. $0{,}05 N_A$, β. 51 g)

Όπως φαίνεται στο παράδειγμα που ακολουθεί, μπορούμε να υπολογίσουμε τις μάζες των στοιχείων που περιέχονται σε μία ένωση, αν μας δίνεται η μάζα της ένωσης. Και αντίστροφα, να υπολογίσουμε τη μάζα μιας ένωσης, αν γνωρίζουμε την ποσότητα ενός από τα συστατικά της στοιχεία.

Παράδειγμα 4.6

Να υπολογιστεί πόσα γραμμάρια οξυγόνου περιέχονται σε 16 g διοξειδίου του θείου (SO_2).
Δίνονται οι τιμές των A_r: S: 32, O: 16.

ΛΥΣΗ

$M_r = 1 \cdot 32 + 2 \cdot 16 = 64$.

Άρα το 1 mol SO_2 ζυγίζει 64 g και έχουμε την κατάταξη

Στα $\frac{64\,g\,SO_2}{16\,g} =$ τα $\frac{2 \cdot 16\,g}{m}$ είναι οξυγόνο.

άρα $m_O = 8$ g.

Εφαρμογή

Πόσα άτομα υδρογόνου (H) περιέχονται σε 68 g υδρόθειου (H_2S);
Δίνονται οι τιμές των A_r: S: 32, H: 1.

($4N_A$)

Τέλος, δίνεται υποδειγματικά πρόβλημα με μίγμα ουσιών, στο οποίο ζητείται να βρεθεί η σύστασή του. Εδώ οι άγνωστοι εκφράζονται συνήθως σε mol. Με τους αγνώστους αυτούς και με βάση τα δεδομένα του προβλήματος π.χ. g, L, μόρια κλπ., δημιουργούμε σύστημα τόσων εξισώσεων, όσοι και οι άγνωστοι.

Παράδειγμα 4.7

Αέριο μίγμα περιέχει CO_2 και SO_2. Το μίγμα αυτό ζυγίζει 7,6 g, ενώ ο όγκος του σε STP συνθήκες είναι 3,36 L.
α. Πόσα mol κάθε αερίου περιέχει το μίγμα;
β. Ποια είναι η μάζα του CO_2 στο μίγμα;
Δίνονται οι τιμές των A_r: C: 12, S: 32, O: 16.

ΛΥΣΗ
Έστω ότι το μίγμα περιέχει x mol CO_2 και ψ mol SO_2. Συναρτήσει των x και ψ μπορούμε να υπολογίσουμε τη μάζα του μίγματος και τον όγκο του.

$$\frac{1\ \text{mol}\ CO_2}{x\ \text{mol}} = \frac{44\ \text{g}}{m_1} \quad \text{ή} \quad m_1 = 44x\ g$$

$$\frac{1\ \text{mol}\ SO_2}{\psi\ \text{mol}} = \frac{64\ \text{g}}{m_2} \quad \text{ή} \quad m_2 = 64\psi\ \text{g}$$

Επειδή όμως $m_{CO_2} + m_{SO_2} = 7{,}6\ \text{g}$

έχουμε $\boxed{44x + 64\psi = 7{,}6}$ (1)

Συναρτήσει πάλι των x και ψ μπορούμε να υπολογίσουμε τον όγκο του μίγματος σε STP.

$$\frac{1\ \text{mol}\ CO_2}{x\ \text{mol}} = \frac{22{,}4\ \text{L}}{V_{CO_2}} \quad \text{ή} \quad V_{CO_2} = 22{,}4x\ \text{L}$$

$$\frac{1\ \text{mol}\ SO_2}{\psi\ \text{mol}} = \frac{22{,}4\ \text{L}}{V_{SO_2}} \quad \text{ή} \quad V_{SO_2} = 22{,}4\psi\ \text{L}$$

Επομένως, για το μίγμα που έχει όγκο 3,36 L θα ισχύει

$$V_{CO_2} + V_{SO_2} = 3{,}36\ \text{L}$$

και έχουμε: $\boxed{22{,}4x + 22{,}4\psi = 3{,}36}$ (2)

Λύνοντας το σύστημα των (1) και (2) βρίσκουμε:

$x = 0{,}1$ και $\psi = 0{,}05$

Άρα το μίγμα περιέχει 0,1 mol CO_2, δηλαδή 0,1·44 g δηλαδή 4,4 g CO_2 και 0,05 mol SO_2.

• στο SI:
$R = 8{,}314\ \text{J K}^{-1}\ \text{mol}^{-1}$

Εφαρμογή

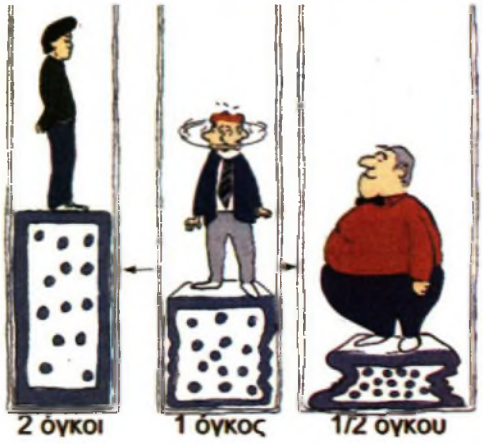
Αέριο μίγμα αποτελείται από διοξείδιο του θείου και υδρόθειο. Το μίγμα ζυγίζει 13,2 g και καταλαμβάνει όγκο 6,72 L σε STP.
α. Πόσα mol από κάθε αέριο περιέχονται στο μίγμα;
β. Ποια είναι η μάζα του κάθε συστατικού του μίγματος;
Δίνονται οι τιμές των A_r: S: 32, O: 16, H: 1.
(α. 0,1 - 0,2 β. 6,4 g - 6,8 g)

4.2 Καταστατική εξίσωση των αερίων

Η συμπεριφορά των αερίων είναι περισσότερο απλή και ομοιόμορφη από τη συμπεριφορά των υγρών και των στερεών. Σε αντίθεση με τις υγρές και τις στερεές ουσίες, ορισμένες βασικές ιδιότητες των αερίων είναι ανεξάρτητες της χημικής τους φύσης και μπορούν να περιγραφούν με νόμους, όπως είναι:

➢ ***Ο νόμος Boyle:*** *«ο όγκος (V) που καταλαμβάνει ένα αέριο είναι αντιστρόφως ανάλογος της πίεσης (P) που έχει, με την προϋπόθεση ότι ο αριθμός των mol (n) και η θερμοκρασία (T) του αερίου παραμένουν σταθερά». Δηλαδή, έχουμε:*

Νόμος Boyle	$P\,V =$ σταθερό	όταν n, T σταθερά



ΣΧΗΜΑ 4.3 Εικονική παρουσίαση του νόμου του Boyle. Ο όγκος του αερίου είναι αντιστρόφως ανάλογος της πίεσης (με n, T σταθερά).

➢ ***Ο νόμος Charles*** *«ο όγκος (V) που καταλαμβάνει ένα αέριο είναι ανάλογος της απόλυτης θερμοκρασίας (T), με την προϋπόθεση ότι ο αριθμός των mol (n) και η πίεση (P) παραμένουν σταθερά». Δηλαδή, έχουμε:*

Νόμος Charles	$V \propto T$	όταν n, P σταθερά

ΣΧΗΜΑ 4.4 Εικονική παρουσίαση του νόμου του Charles. Ο όγκος του αερίου είναι ανάλογος της απόλυτης θερμοκρασίας (με n, P σταθερά).

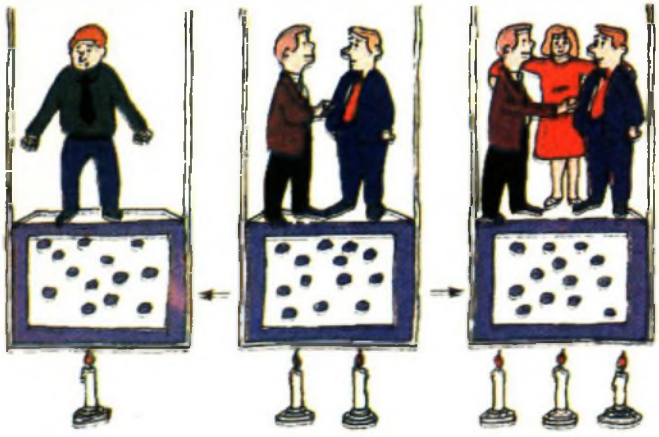
R. Boyle (1627-1691)
Ιρλανδός χημικός και φιλόσοφος. Ήταν το 14ο παιδί μιας εύπορης και ισχυρής οικογένειας. Κατά τη διάρκεια της ζωής του απέκτησε τεράστια φήμη κυρίως από τα πρωτοποριακά του πειράματα σχετικά με τις ιδιότητες των αερίων. Το βιβλίο του «Ο Σκεπτικιστής Χημικός» έθεσε τις βάσεις για τη μετάβαση από την αλχημεία στη μοντέρνα χημεία.

C. Charles (1746-1823)
Γάλλος χημικός παγκόσμιας φήμης στα χρόνια του για τα πειράματα που έκανε με μπαλόνια. Ένα χρόνο μετά την ανακάλυψη του αερόστατου από τους αδελφούς Montgolfier, ο Charles κατασκεύασε τα δικό του αερόστατο κάνοντας χρήση υδρογόνου αντί θερμού αέρα. Το υδρογόνο που χρειάστηκε για τη κατασκευή του πρώτου μπαλονιού παρασκεύασε ο ίδιος, αντιδρώντας 250 kg οξέος με 500 Kg σιδήρου. Την πρώτη του αυτή πτήση παρακολούθησε πλήθος κόσμου και στέφτηκε με επιτυχία.

ΣΧΗΜΑ 4.5 Με ψύξη (με υγρό άζωτο) ο όγκος του αερίου μειώνεται, σύμφωνα με το νόμο του Charles.

➢ ***Ο νόμος Gay-Lussac:*** *«η πίεση (P) που ασκεί ένα αέριο είναι ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας (T), όταν ο αριθμός των mol (n) και ο όγκος (V) είναι σταθερά». Δηλαδή, έχουμε:*

Νόμος Gay-Lussac	$P \propto T$	όταν n, V σταθερά



ΣΧΗΜΑ 4.6 Εικονική παρουσίαση του νόμου του Gay-Lussac. Η πίεση ενός αερίου είναι ανάλογος της απόλυτης θερμοκρασίας (με n, V σταθερά).

Με συνδυασμό των νόμων:

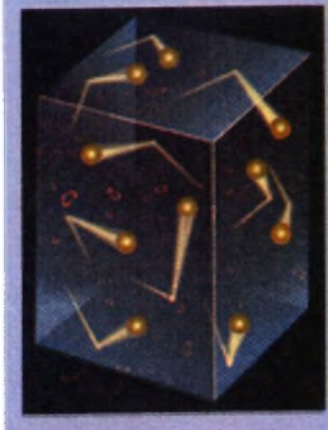
1. **Boyle** $V \propto 1/P$
2. **Charles** $V \propto T$
3. **Avogadro** $V \propto n$

Καταλήγουμε, $V \propto (1/P)T\,n$

Η αναλογία αυτή μπορεί να μετατραπεί σε εξίσωση, αν εισάγουμε μια σταθερά R : $V = \mathrm{R}\,(1/P)T\,n$

Η σταθερά ***R*** ονομάζεται ***παγκόσμια σταθερά των αερίων.***

Gay-Lussac:(1778-1850) Γάλλος χημικός και φυσικός. Έδειξε μεγάλη τόλμη, αφού για τις ανάγκες των πειραμάτων του αναγκάστηκε πολλές φορές να χρησιμοποιεί αερόστατο και να ανεβαίνει σε ύψος μέχρι 7000 m. Κατέλαβε ταυτόχρονα δύο περίβλεπτες καθηγητικές έδρες της χημείας και της φυσικής στο πανεπιστήμιο της Σορβόννης. Πέρασε το μεγαλύτερο μέρος της ζωής του στο υπόγειο εργαστήριό του, κάτω από δυσμενείς συνθήκες, όπου το χειμώνα δεν υπήρχε θέρμανση και το δάπεδο ήταν μονίμως υγρό. Αυτά βέβαια δεν τον εμπόδιζαν να χορεύει από χαρά σε κάθε πετυχημένο πείραμά του.



Η πίεση που ασκεί ένα αέριο είναι αποτέλεσμα των συγκρούσεων των μορίων του στα τοιχώματα του δοχείου

Η σταθερά R μπορεί να υπολογιστεί παίρνοντας σαν βάση 1 mol ενός αερίου σε STP συνθήκες:

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1\ \text{atm} \cdot 22{,}4\ \text{L}}{1\ \text{mol} \cdot 273\ \text{K}} = \frac{0{,}082\ \text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$$

Η παραπάνω σχέση, η οποία συνήθως γράφεται με τη μορφή:

$$PV = nRT$$

ονομάζεται ***καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων***.

Η καταστατική εξίσωση εμπεριέχει τους τρεις νόμους (Boyle, Charles, Avogadro) και περιγράφει πλήρως τη συμπεριφορά (κατάσταση) ενός αερίου. Γι' αυτό ονομάζεται καταστατική εξίσωση.

➢ *Τα αέρια που υπακούουν στην καταστατική εξίσωση, για οποιαδήποτε τιμή πίεσης και θερμοκρασίας, ονομάζονται ιδανικά ή τέλεια αέρια.*

Τα περισσότερα αέρια, κάτω από συνθήκες χαμηλής πίεσης και υψηλής θερμοκρασίας, προσεγγίζουν την ιδανική συμπεριφορά και συνεπώς υπακούουν στους νόμους των αερίων. Αποκλίσεις παρατηρούνται σε χαμηλές θερμοκρασίες και υψηλές πιέσεις (συνθήκες υγροποίησης). Ιδανικά επίσης συμπεριφέρονται και τα περισσότερα μίγματα αερίων, κάτω από ορισμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Έτσι, μπορούμε να γράφουμε την καταστατική εξίσωση και για αέρια μίγματα:

$$PV = n_{\text{ολ}}RT \quad \text{όπου,}$$

$n_{\text{ολ}}$ ο συνολικός αριθμός mol του αερίου μίγματος

V ο όγκος που καταλαμβάνει το αέριο μίγμα και

P η ολική πίεση των αερίων του μίγματος.

Παράδειγμα 4.8

Σε δοχείο όγκου 15 L και θερμοκρασίας 27 °C, εισάγονται 4 mol αερίου Α. Να υπολογιστεί η πίεση που ασκεί το αέριο στο δοχείο.

ΛΥΣΗ

Αφού γνωρίζουμε τη θερμοκρασία, τον όγκο και την ποσότητα σε mol του αερίου μπορούμε να βρούμε πόση πίεση ασκεί, από την καταστατική εξίσωση.

$T = \theta + 273 = (27+273)\ \text{K} = 300\ \text{K}$

$$PV = nRT \ \text{ή}\ P = \frac{nRT}{V} = \frac{4\ \text{mol} \cdot (0{,}082\ \text{atm} \cdot \text{L/mol} \cdot \text{K}) \cdot 300\ \text{K}}{15\ \text{L}}$$

ή $P = 6{,}56$ atm.

Εφαρμογή

Σε δοχείο όγκου 15 L και θερμοκρασίας 800 °C, εισάγονται $2N_A$ μόρια οξυγόνου. Πόση πίεση ασκεί το οξυγόνο στο δοχείο;

(11,73 atm)

Στην καταστατική εξίσωση μπορεί να εισαχθεί η πυκνότητα του αερίου, ρ, όπως φαίνεται στο παράδειγμα που ακολουθεί.

Παράδειγμα 4.9

Πόση είναι η πυκνότητα του οξυγόνου (O_2) σε πίεση 8 atm και θερμοκρασία 273 °C. $A_{r\,O} \doteq 16$.

ΛΥΣΗ

$T = \theta + 273 = (273 + 273)\ \text{K} = 546\ \text{K}$.

$$M_{r\,O_2} = 2 \cdot 16 = 32$$

Όμως, $$n = \frac{m}{M_r\ \text{g/mol}}$$

οπότε,

$$PV = \frac{mRT}{M_r\ \text{g/mol}} \text{ ή } P = \frac{m}{V} \cdot \frac{RT}{M_r\ \text{g/mol}} \text{ ή } P = \rho \frac{RT}{M_r\ \text{g/mol}} \text{ ή}$$

$$\rho = \frac{P \cdot M_r\ \text{g/mol}}{RT} \text{ ή } \rho = \frac{8\text{atm} \cdot 32\text{g/mol}}{0{,}082\ \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 546\text{K}} \text{ ή } \rho = 5{,}71\text{g/L}$$

Εφαρμογή

Αέριο Α έχει πυκνότητα 2,28 g/L σε θερμοκρασία 546 K και πίεση 6 atm. Ζητείται η σχετική μοριακή μάζα του Α.

R=0,082 atm·L/mol·K

(17)

4.3 Συγκέντρωση διαλύματος - Αραίωση, ανάμειξη διαλυμάτων

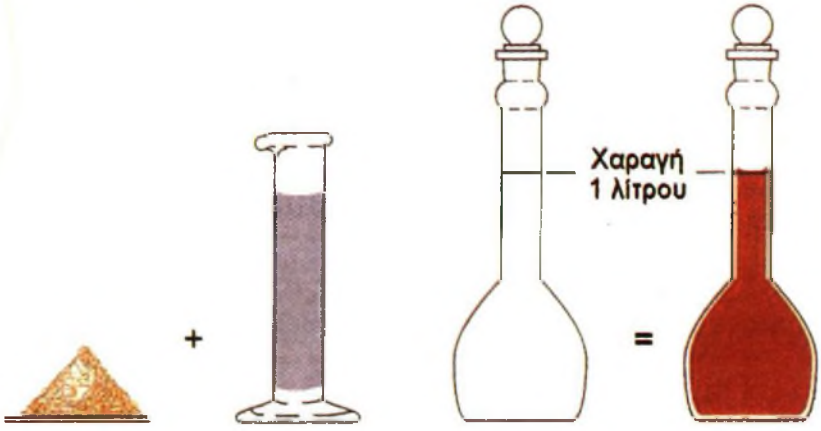
Συγκέντρωση ή μοριακότητα κατ' όγκο διαλύματος

Όπως αναφέραμε στο 1° κεφάλαιο, υπάρχουν διάφοροι τρόποι με τους οποίους μπορούμε να εκφράσουμε την περιεκτικότητα ενός διαλύματος, δηλαδή την ποσότητα της διαλυμένης ουσίας που περιέχεται σε ορισμένη ποσότητα διαλύματος ή διαλύτη. Μία από τις συνηθέστερες μονάδες περιεκτικότητας ενός διαλύματος είναι η μοριακότητα κατ' όγκο:

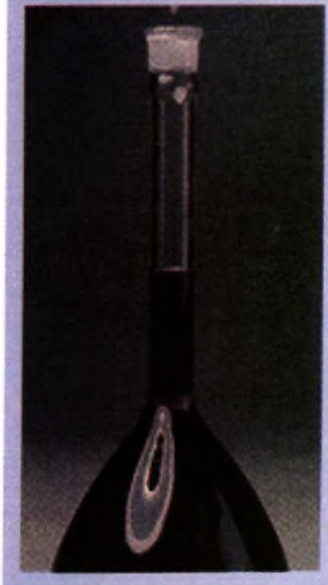
➢ *η μοριακότητα κατ' όγκο ή συγκέντρωση ή Molarity, εκφράζει τα mol διαλυμένης ουσίας που περιέχονται σε 1 L διαλύματος. Δηλαδή, έχουμε:*

$$c = n / V$$

Όπου,
c = η συγκέντρωση του διαλύματος
n = ο αριθμός mol της διαλυμένης ουσίας και
V = ο όγκος του διαλύματος σε L.
Μονάδα της συγκέντρωσης είναι το mol L^{-1} ή M.
Για παράδειγμα, διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου συγκέντρωσης 1,5 M περιέχει 1,5 mol NaOH (60 g) σε 1 L (1000 mL) διαλύματος, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



ΣΧΗΜΑ 4.7 Παρασκευή διαλύματος ορισμένης συγκέντρωσης.



Παρασκευή διαλύματος ορισμένης συγκέντρωσης

Παράδειγμα 4.10

Σε 300 mL διαλύματος περιέχονται 6 g υδροξειδίου του νατρίου (NaOH). Να βρεθεί η συγκέντρωση (μοριακότητα κατ' όγκο) του διαλύματος.
Δίνονται οι τιμές των A_r: Na: 23, O: 16, H: 1.

ΛΥΣΗ

1ος τρόπος (με κατάταξη)

Υπολογίζουμε κατ' αρχήν τα mol της διαλυμένης ουσίας.

$M_{r\,NaOH} = 1 \cdot 23 + 1 \cdot 16 + 1 \cdot 1 = 40$

$$n = \frac{m}{M_r \text{ g/mol}} = \frac{6 \text{ g}}{40 \text{ g/mol}} = 0{,}15 \text{ mol}$$

Άρα στα 300 mL διαλύματος υπάρχουν 0,15 mol NaOH

1000 mL $\qquad\qquad$ n

ή $n = 0{,}5$ mol

Άρα έχουμε συγκέντρωση = 0,5 mol/L.

2ος τρόπος (με τον τύπο)

έχουμε 0,15 mol NaOH και αφού $V = 300$ mL = 0,3 L. Συνεπώς,

$$c = \frac{n}{V} = \frac{0{,}15 \text{ mol}}{0{,}3 \text{ L}} = 0{,}5 \text{ mol/L ή } 0{,}5 \text{ M}$$

Εφαρμογή

Πόσα γραμμάρια καθαρού νιτρικού οξέος περιέχονται σε 400 mL διαλύματος νιτρικού οξέος (HNO_3) συγκέντρωσης 2 M;
Δίνονται οι τιμές των A_r: H: 1, N: 14, O: 16.
(50,4 g)

Παράδειγμα 4.11

Να βρεθεί η % w/w (βάρος σε βάρος) περιεκτικότητα διαλύματος υδροχλωρίου συγκέντρωσης 0,2 M και πυκνότητας 1,05 g mL^{-1}, που περιέχει 14,6 g καθαρού υδροχλωρίου (HCl).
Δίνονται οι τιμές των A_r: H:1, Cl: 35,5.

ΛΥΣΗ

Θα βρούμε τον όγκο του διαλύματος, ώστε κατόπιν, με τη βοήθεια της πυκνότητας, να βρούμε τη μάζα του διαλύματος.

$$\frac{1 \text{ mol HCl}}{n} \overset{\text{ζυγίζει}}{=} \frac{36{,}5 \text{ g}}{14{,}6 \text{ g}}$$

άρα $n = 0{,}4$ mol καθαρού HCl.

Από τον τύπο $c = \dfrac{n}{V}$ ή $V = \dfrac{n}{c} = \dfrac{0{,}4 \text{ mol}}{0{,}2 \text{ mol}} = 2 \text{ L}$

δηλαδή $V = 2000$ mL.

Από τον τύπο της πυκνότητας υπολογίζουμε τη μάζα του διαλύματος

$$\rho = \frac{m_\Delta}{V} \text{ ή } m_\Delta = \rho \cdot V = 1{,}05 \text{ g/mL} \cdot 2000 \text{ mL}$$

• Για να υπολογίσουμε μία περιεκτικότητα όγκου (π.χ. c) από μία περιεκτικότητα βάρους (π.χ. % w/w), ή αντίστροφα, χρειαζόμαστε την τιμή της πυκνότητας του διαλύματος.

ή $m_{\Delta} = 2100$ g.

Γνωρίζοντας τώρα τη μάζα του διαλύματος και τη μάζα της διαλυμένης ουσίας, βρίσκουμε την % w/w περιεκτικότητα:

$$\text{Στα } \frac{2100 \text{ g διαλύματος}}{100 \text{ g}} = \frac{14{,}6 \text{ g καθαρού HCl}}{x}$$

ή x = 0,7 g καθαρού υδροχλωρίου.

Άρα το διάλυμα είναι περιεκτικότητας 0,7% w/w (κατά βάρος).

Εφαρμογή

Να βρεθεί η συγκέντρωση (c) διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) όγκου 500 mL, περιεκτικότητας 8% w/w και πυκνότητας 1,07 g/mL. Δίνονται οι τιμές των A_r: Na: 23, O: 16, H: 1.

(2,14 M)

Αραίωση διαλύματος

Όταν σε ένα διάλυμα προσθέσουμε νερό, η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή, ενώ ο όγκος του διαλύματος μεγαλώνει. Συνεπώς, το τελικό διάλυμα έχει μικρότερη συγκέντρωση από το αρχικό. Κατά την αραίωση ισχύει η σχέση:

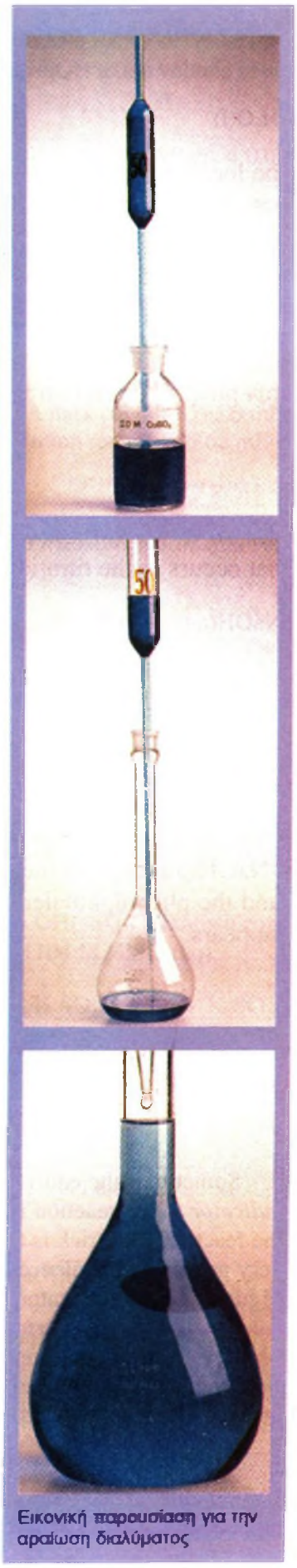
$$c_1 V_1 = c_2 V_2$$

όπου,

c_1 και V_1 η συγκέντρωση και ο όγκος του διαλύματος, αντίστοιχα, πριν την αραίωση και

c_2 και V_2 η συγκέντρωση και ο όγκος του διαλύματος, αντίστοιχα, μετά την αραίωση

ΣΧΗΜΑ 4.8 Στην αραίωση διαλύματος η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει η ίδια, ενώ η συγκέντρωση μειώνεται.



Εικονική παρουσίαση για την αραίωση διαλύματος

Παράδειγμα 4.12

Σε διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) όγκου 400 mL συγκέντρωσης 2 M προσθέτουμε 1200 mL νερού. Να υπολογιστεί η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος. Θεωρούμε ότι κατά την ανάμειξη δεν έχουμε μεταβολή του όγκου.

ΛΥΣΗ

1ος τρόπος (με κατάταξη)

Αρχικό διάλυμα:

2 M σημαίνει ότι στα $\dfrac{1000\ \text{mL διαλύματος}}{400\ \text{mL}} = \dfrac{2\ \text{mol διαλ. ουσίας}}{n}$

ή $n = 0{,}8$ mol NaOH.

Μετά την προσθήκη του νερού η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή, άρα και στο τελικό διάλυμα θα υπάρχουν 0,8 mol καθαρού NaOH.

Όμως $V_{\text{τελ}} = V_{\text{αρχ}} + V_{H_2O} = 400\ \text{mL} + 1200\ \text{mL} = 1600\ \text{mL}$.

Τελικό διάλυμα:

Στα $\dfrac{1600\ \text{mL διαλύματος}}{1000\ \text{mL}} = \dfrac{0{,}8\ \text{mol διαλ. ουσίας}}{x}$

ή x = 0,5 mol.

Άρα η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος είναι 0,5 M.

2ος τρόπος (με τον τύπο)

Γνωρίζουμε ότι

$c = \dfrac{n}{V}$ ή $n = c \cdot V$

Επειδή με την προσθήκη του νερού η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή έχουμε ότι:

$n_{\text{αρχ}} = n_{\text{τελ}}$ ή

$c_{\text{αρχ}} V_{\text{αρχ}} = c_{\text{τελ}} V_{\text{τελ}}$ ή

$c_{\text{τελ}} = \dfrac{c_{\text{αρχ}} V_{\text{αρχ}}}{V_{\text{τελ}}} = \dfrac{2\ \text{M} \cdot 400 \cdot 10^{-3}\ \text{L}}{1600 \cdot 10^{-3}\ \text{L}}$ ή

$c_{\text{τελ}} = 0{,}5$ M.

Εφαρμογή

Πόσα λίτρα νερού πρέπει να προστεθούν σε 3 L διαλύματος NaCl 1 M για να προκύψει διάλυμα NaCl 0,1 M;

(27 L)

• Η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή κατά τη συμπύκνωση ενός διαλύματος, δηλαδή, όταν αφαιρείται νερό από το διάλυμα με εξάτμιση.

Ανάμειξη διαλυμάτων

Όταν αναμείξουμε δύο ή περισσότερα διαλύματα που περιέχουν την ίδια διαλυμένη ουσία, τότε προκύπτει ένα διάλυμα το οποίο θα έχει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

α. Η μάζα του τελικού διαλύματος θα είναι ίση με το άθροισμα των μαζών των διαλυμάτων που αναμείξαμε. Δηλαδή,

$$m_{\Delta\tau\varepsilon\lambda} = m_{\Delta 1} + m_{\Delta 2} + m_{\Delta 3} + \ldots$$

m_Δ = μάζα διαλύματος

β. Ο όγκος του τελικού διαλύματος σχεδόν πάντα θεωρούμε ότι είναι ίσος με το άθροισμα των όγκων των διαλυμάτων που αναμείξαμε.

Δηλαδή,

$$V_{\tau\varepsilon\lambda} = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots$$

V = όγκος διαλύματος

γ. Η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας στο τελικό διάλυμα θα είναι ίση με το άθροισμα των ποσοτήτων των διαλυμένων ουσιών που υπήρχαν στα αρχικά διαλύματα πριν από την ανάμειξη. Δηλαδή:

$$m_{\tau\varepsilon\lambda} = m_1 + m_2 + m_3 + \ldots$$

ή $$n_{\tau\varepsilon\lambda} = n_1 + n_2 + n_3 + \ldots$$

m = μάζα διαλυμένης ουσίας
n = αριθμός mol διαλυμένης ουσίας

Κατά την ανάμειξη διαλυμάτων της ίδιας ουσίας ισχύει η σχέση:

$$c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2 = c_{\tau\varepsilon\lambda} V_{\tau\varepsilon\lambda}$$

όπου,

c_1, c_2 και V_1, V_2 οι συγκεντρώσεις και οι όγκοι των αρχικών διαλυμάτων και $c_{\tau\varepsilon\lambda}$ και $V_{\tau\varepsilon\lambda}$ η συγκέντρωση και ο όγκος του τελικού διαλύματος, αντίστοιχα.

Είναι προφανές ότι, αν $c_1 > c_2$, τότε μετά την ανάμειξη θα έχουμε ότι $c_1 > c_{\tau\varepsilon\lambda} > c_2$.

Παράδειγμα 4.13

Αναμειγνύονται 3 L διαλύματος HCl 1 M με 7 L διαλύματος HCl 0,5 M. Να βρεθεί η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος.

ΛΥΣΗ

1ος τρόπος (με κατάταξη)

Διάλυμα (A): 1 M.

$$\begin{matrix}\text{Στο}\\ \text{Στα}\end{matrix}\ \frac{1\ \text{L διαλύματος}}{3\ \text{L}} = \frac{1\ \text{mol HCl}}{n_A} \quad \text{ή} \quad n_A = 3\ \text{mol}$$

Διάλυμα (B): 0,5 M.

$$\text{Στο}\ \frac{1\ \text{L διαλύματος}}{7\ \text{L}} = \frac{0{,}5\ \text{mol HCl}}{n_B} \quad \text{ή} \quad n_B = 3{,}5\ \text{mol}$$

Στο τελικό διάλυμα έχουμε ότι

$V_{τελ} = V_A + V_B = 3\ L + 7\ L = 10\ L$

$n_{τελ} = n_A + n_B = 3\ mol + 3{,}5\ mol = 6{,}5\ mol$

Άρα στο τελικό διάλυμα έχουμε:

$$\frac{10\ L\ διαλύματος}{1\ L} = \frac{6{,}5\ mol\ HCl}{x}$$

ή $x = 0{,}65\ mol$.

Άρα η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος είναι 0,65 mol/L, δηλαδή 0,65 M.

2ος τρόπος (με τον τύπο)

Ισχύει στην ανάμειξη των διαλυμάτων για την ποσότητα της διαλυμένης ουσίας

$n_{τελ} = n_A + n_B$ ή

$c_{τελ} \cdot V_{τελ} = c_A \cdot V_A + c_B \cdot V_B$ ή

$$c_{τελ} = \frac{c_A V_A + c_B V_B}{V_{τελ}} = \frac{1\ mol/L \cdot 3\ L + 0{,}5\ mol/L \cdot 7\ L}{10\ L}$$

ή $c_{τελ} = 0{,}65\ M$.

Εφαρμογή

500 mL διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) περιεκτικότητας 8% w/v (κατ' όγκο) αναμειγνύονται με 1,5 L άλλου διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου συγκέντρωσης 0,8 M. Να υπολογιστεί η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος.

(1,1 M)

4.4 Στοιχειομετρικοί υπολογισμοί

Η χημική εξίσωση, πέραν του ότι αποτελεί το σύμβολο μιας χημικής αντίδρασης, παρέχει μία σειρά πληροφοριών. Για παράδειγμα, η χημική εξίσωση της αντίδρασης σχηματισμού αμμωνίας από άζωτο και υδρογόνο $N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$ μας αποκαλύπτει:

1. Την ποιοτική σύσταση των αντιδρώντων (N_2, H_2) και προϊόντων (NH_3).

2. Ποσοτικά δεδομένα σχετικά με τον τρόπο που γίνεται η αντίδραση. Δηλαδή ότι,

- 1 μόριο N_2 αντιδρά με 3 μόρια H_2 και δίνει 2 μόρια NH_3.
- 1 mol N_2 αντιδρά με 3 mol H_2 και δίνει 2 mol NH_3.
- 1 όγκος αερίου N_2 αντιδρά με τρεις όγκους αερίου H_2 και δίνει δύο όγκους αέριας NH_3 στις ίδιες συνθήκες P και T.

Αυτό όμως που τελικά έχει τη μεγαλύτερη σημασία είναι ότι:

➢ *οι συντελεστές σε μία χημική εξίσωση καθορίζουν την αναλογία **mol** των αντιδρώντων και προϊόντων στην αντίδραση. Γι' αυτό και οι συντελεστές ονομάζονται στοιχειομετρικοί συντελεστές.*

Με δεδομένο ότι:

1 mol μιας χημικής ουσίας ζυγίζει τόσα γραμμάρια όσο η σχετική μοριακή της μάζα,

1 mol αερίου ουσίας καταλαμβάνει όγκο V_m ή 22,4 L (σε STP) και

1 mol μιας μοριακής χημικής ουσίας περιέχει N_A μόρια, προκύπτει ότι η αναλογία ***mol*** των αντιδρώντων και των προϊόντων μπορεί να εκφραστεί και σαν αναλογία ***μαζών***, ***όγκων*** (αερίων) ή αριθμού ***μορίων***.

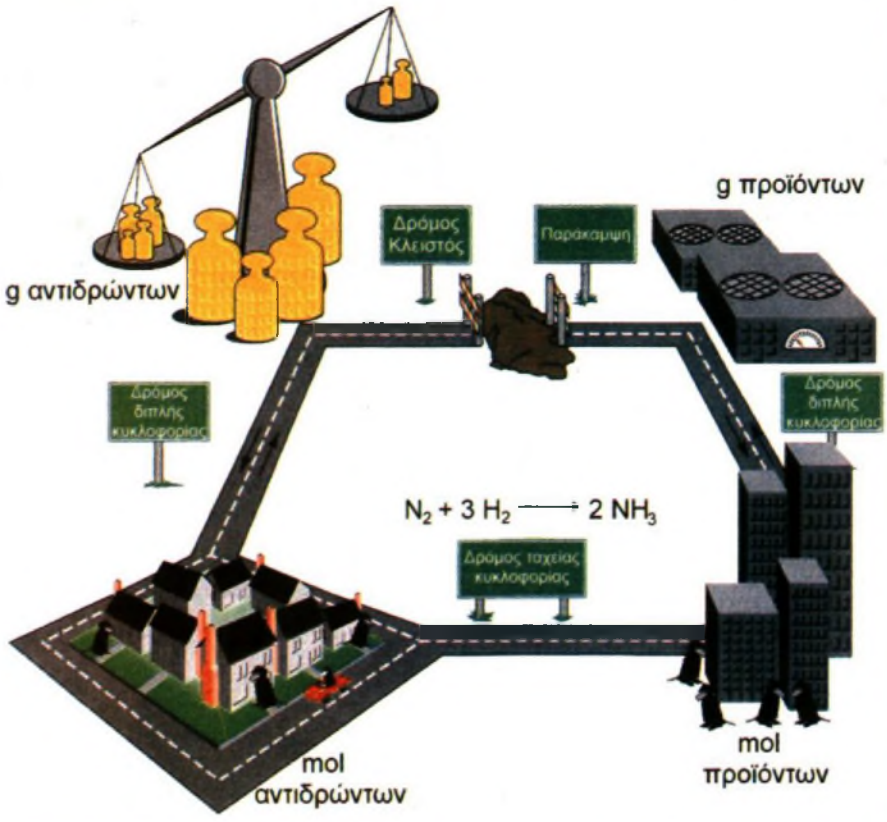
➢ *Οι παραπάνω χημικοί υπολογισμοί, οι οποίοι στηρίζονται στις ποσοτικές πληροφορίες που πηγάζουν από τους συντελεστές μιας χημικής εξίσωσης (στοιχειομετρικοί συντελεστές), ονομάζονται στοιχειομετρικοί υπολογισμοί.*

Μεθοδολογία για την επίλυση προβλημάτων στοιχειομετρίας

Στα προβλήματα στοιχειομετρίας ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

1. Βρίσκουμε τον αριθμό mol από τη μάζα ή τον όγκο που δίνεται (π.χ. ενός αντιδρώντος).
2. Υπολογίζουμε με τη βοήθεια της χημικής εξίσωσης τον αριθμό mol του αντιδρώντος ή προϊόντος που ζητείται.
3. Τέλος, από τον αριθμό mol υπολογίζουμε τη ζητούμενη μάζα (μέσω του M_r) ή το ζητούμενο όγκο (μέσω του V_m ή της καταστατικής εξίσωσης).

Τα παραπάνω απεικονίζονται στο σχήμα που ακολουθεί. Στη συνέχεια δίνονται χαρακτηριστικές περιπτώσεις στοιχειομετρικών υπολογισμών με αντίστοιχα παραδείγματα.



ΣΧΗΜΑ 4.9 Εικονική παρουσίαση της μεθοδολογίας που ακολουθούμε σε στοιχειομετρικούς υπολογισμούς. Σε μία χημική εξίσωση δεν περνάμε απ' ευθείας από τη μάζα των αντιδρώντων στη μάζα των προϊόντων. Θα πρέπει πρώτα οι μάζες να μετατραπούν σε mol. Αυτό γίνεται επειδή οι συντελεστές της χημικής εξίσωσης καθορίζουν τις αναλογίες mol αντιδρώντων και προϊόντων.

Παράδειγμα 4.14

Πόσα γραμμάρια N_2 και πόσα mol H_2 απαιτούνται για την παρασκευή 448 L NH_3 που μετρήθηκαν σε STP; Δίνεται $A_{r\,N}=14$.

ΛΥΣΗ

Βήμα 1

Βρίσκουμε κατ' αρχήν πόσα mol NH_3 θα παρασκευάσουμε.

1 mol NH_3 (STP)	22,4 L	
n_1	448 L	ή $n_1 = 20$ mol NH_3

Βήμα 2

Γράφουμε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης με την οποία θα γίνουν οι υπολογισμοί:

$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

Βήμα 3
Γράφουμε για τις ουσίες τη ***σχέση mol*** με την οποία αντιδρούν ή παράγονται, σχέση την οποία δείχνουν οι συντελεστές των ουσιών (***στοιχειομετρία της αντίδρασης***).

$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

1 mol 3 mol 2 mol

Βήμα 4
Γράφουμε κάτω από τα προηγούμενα (σχέση mol) την ποσότητα του δεδομένου σε mol και υπολογίζουμε την ποσότητα του ζητούμενου πάλι σε mol.

$N_2 + 3H_2 \rightarrow 2NH_3$

$$\frac{1\ \text{mol}}{n_2} = \frac{3\ \text{mol}}{n_3} = \frac{2\ \text{mol}}{20\ \text{mol}}$$

$n_2 = 10$ mol N_2

$n_3 = 30$ mol H_2.

Βήμα 5
Υπολογίζουμε τη ζητούμενη μάζα. Δηλαδή για το N_2 με τη βοήθεια της σχετικής μοριακής μάζας ($M_r = 28$), έχουμε:

$$\frac{1\ \text{mol}\ N_2}{10\ \text{mol}} \overset{\text{ζυγίζει}}{=} \frac{28\ \text{g}}{m} \quad \text{ή} \quad m = 280\ \text{g}\ N_2$$

Άρα για να παρασκευαστούν 448 L NH_3 (σε STP) πρέπει να αντιδράσουν 280 g N_2 με 30 mol H_2.

Εφαρμογή

Καίγονται 16 g θείου με το απαραίτητο οξυγόνο και παράγεται διοξείδιο του θείου. Να υπολογιστεί ο όγκος του SO_2 σε θερμοκρασία 27 °C και πίεση 2 atm. Δίνονται: A_r S:32 και $R = 0{,}082$ atm L mol^{-1} K^{-1}
(6,15 L)

1. Ασκήσεις στις οποίες η ουσία που δίνεται ή ζητείται δεν είναι καθαρή

Σε πολλές περιπτώσεις οι ουσίες που χρησιμοποιούμε σε μία χημική αντίδραση δεν είναι καθαρές. Αυτό συμβαίνει στην πράξη, αφού είναι σχεδόν αδύνατο να έχουμε απόλυτα καθαρές ουσίες. Η καθαρότητα ενός δείγματος εκφράζεται συνήθως %. Για παράδειγμα, δείγμα σιδήρου καθαρότητας 95% w/w σημαίνει ότι στα 100 g δείγματος τα 95 g είναι Fe και τα 5 g είναι ξένες προσμείξεις του. Ας δούμε όμως ένα σχετικό παράδειγμα.

Παράδειγμα 4.15

Πόσα λίτρα H_2 μετρημένα σε STP θα σχηματιστούν κατά την αντίδραση 250 g δείγματος ψευδαργύρου με περίσσεια διαλύματος θειικού οξέος; Η περιεκτικότητα του δείγματος σε ψευδάργυρο είναι 97,5% w/w. Θεωρούμε ότι οι προσμείξεις δεν αντιδρούν με το θειικό οξύ.
Δίνεται $A_{r\,Zn} = 65$.

ΛΥΣΗ

Θα υπολογίσουμε πρώτα την ποσότητα του καθαρού ψευδάργυρου που περιέχεται στα 250 g του δείγματος ψευδάργυρου, καθώς μόνο αυτός αντιδρά με το θειικό οξύ.

Στα $\dfrac{100\text{ g δειγμ. Zn}}{250\text{ g}} \overset{\text{περιέχονται}}{=} \dfrac{97{,}5\text{ g Zn}}{m}$

ή $m = 243{,}75$ g Zn.

Άρα 243,75 g Zn αντέδρασαν με το οξύ. Μπορούμε πλέον να υπολογίσουμε το παραγόμενο υδρογόνο, αφού γράψουμε την αντίδραση και κάνουμε τους συνήθεις υπολογισμούς.

$\dfrac{1\text{ mol Zn}}{n_1} = \dfrac{65\text{ g}}{243{,}75\text{ g}}$ ή $n_1 = 3{,}75$ mol Zn

$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$

$\dfrac{1\text{ mol}}{3{,}75\text{ mol}} = \dfrac{1\text{ mol}}{n_2}$

ή $n_2 = 3{,}75$mol H_2.

Για το H_2 σε STP έχουμε:

$\dfrac{1\text{ mol } H_2}{3{,}75\text{ mol}} = \dfrac{22{,}4\text{ L}}{V}$ ή $V = 84$ L

Εφαρμογή

Πόσα γραμμάρια δείγματος ψευδαργύρου καθαρότητας 80% w/w θα αντιδράσουν με 10 L διαλύματος HCl 0,8 M;
$A_{r\,Zn}$: 65.

(325 g)

2. Ασκήσεις στις οποίες δίνονται οι ποσότητες δύο αντιδρώντων ουσιών

Εδώ διακρίνουμε δύο περιπτώσεις:

Α. Οι ποσότητες που δίνονται είναι σε στοιχειομετρική αναλογία.
Δηλαδή, οι ποσότητες είναι οι ακριβώς απαιτούμενες για πλήρη αντίδραση, σύμφωνα με τους συντελεστές της χημικής εξίσωσης. Στην περίπτωση αυτή οι υπολογισμοί στηρίζονται στην ποσότητα ενός εκ των δύο αντιδρώντων.

Β. Η ποσότητα ενός εκ των δύο αντιδρώντων είναι σε περίσσεια.

Δηλαδή, το ένα από τα αντιδρώντα είναι σε ***περίσσεια*** (περισσεύει), ενώ το άλλο καταναλώνεται πλήρως (***περιοριστικό***). Οι στοιχειομετρικοί υπολογισμοί στην περίπτωση αυτή στηρίζονται στην ποσότητα του περιοριστικού αντιδρώντος, όπως φαίνεται στο παράδειγμα που ακολουθεί.

• Αν οι ποσότητες αντιδρώντων δεν είναι σε στοιχειομετρική αναλογία, τότε, οι στοιχειομετρικοί προσδιορισμοί βασίζονται στην ποσότητα του περιοριστικού αντιδρώντος. Αυτού, δηλαδή, που δεν είναι σε περίσσεια.

Παράδειγμα 4.16

Διαθέτουμε 10 mol νατρίου (Na) και 8 mol χλωρίου (Cl_2) τα οποία αντιδρούν για να σχηματίσουν χλωριούχο νάτριο (NaCl). Πόσα mol NaCl θα σχηματιστούν;

ΛΥΣΗ

Στο πρόβλημα αυτό πρέπει αρχικά να ελέγξουμε ποιο από τα δύο αντιδρώντα θα αντιδράσει όλο. Γράφουμε τη χημική αντίδραση:

$2Na + Cl_2 \rightarrow 2NaCl$

Από την αντίδραση βλέπουμε ότι 2 mol Na αντιδρούν με 1 mol Cl_2. Άρα τα 10 mol Na που διαθέτουμε χρειάζονται για να αντιδράσουν 5 mol Cl_2. Εμείς όμως διαθέτουμε 8 mol Cl_2. Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι θα αντιδράσει όλο το νάτριο (10 mol) με 5 mol χλωρίου και θα παραχθούν με βάση τη στοιχειομετρία 10 mol NaCl, ενώ θα περισσέψουν 3 mol Cl_2. Δηλαδή, το χλώριο βρίσκεται σε περίσσεια.

Εφαρμογή

Πόσα γραμμάρια νερού θα παραχθούν αν αντιδράσουν 112 L O_2 μετρημένα σε STP με 10 g H_2; Δίνονται οι τιμές των *Ar*: H: 1, O: 16.

(90 g)

3. Ασκήσεις με διαδοχικές αντιδράσεις

Υπάρχουν προβλήματα στοιχειομετρίας, στα οποία δεν έχουμε μόνο μια αντίδραση αλλά μία σειρά διαδοχικών αντιδράσεων. Διαδοχικές αντιδράσεις έχουμε, όταν το προϊόν της πρώτης αντίδρασης αποτελεί αντιδρών της δεύτερης αντίδρασης, κ.ο.κ. Ο τρόπος που επιλύονται αυτού του είδους τα προβλήματα επιδεικνύεται στα παραδείγματα που ακολουθούν.

Παράδειγμα 4.17

13 g ψευδάργυρου (Zn) αντιδρούν με περίσσεια διαλύματος υδροχλωρίου. Το αέριο που παράγεται αντιδρά πλήρως με οξυγόνο και παράγεται νερό. Να υπολογιστεί η μάζα του νερού.

Δίνονται οι τιμές των A_r: Zn: 65, H: 1, O: 16.

ΛΥΣΗ

Οι διαδοχικές αντιδράσεις είναι οι εξής:

$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$ (1)

$2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$ (2)

Από την πρώτη αντίδραση παράγεται υδρογόνο, το οποίο κατόπιν καίγεται και δίνει νερό.

Αφού γνωρίζουμε τη μάζα του Zn, τη μετατρέπουμε σε mol, και κατόπιν υπολογίζουμε τον αριθμό των mol του H_2. Από την (2) και από το γνωστό αριθμό mol του H_2, υπολογίζουμε τον αριθμό mol του νερού και τα οποία μετατρέπουμε σε g. Έτσι έχουμε:

$$\frac{1 \text{ mol Zn}}{n_1} = \frac{65 \text{ g}}{13 \text{ g}} \quad \text{ή } n_1 = 0{,}2 \text{ mol Zn.}$$

από την (1) $Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$

$$\frac{1 \text{ mol}}{0{,}2 \text{ mol}} = \frac{1 \text{ mol}}{n_2}$$

ή $n_2 = 0{,}2$ mol H_2.

από την (2) $2H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

$$\frac{2 \text{ mol}}{0{,}2 \text{ mol}} = \frac{2 \text{ mol}}{n_3}$$

ή $n_3 = 0{,}2$ mol H_2O

άρα $m_{H_2O} = 0{,}2 \cdot 18$ g $= 3{,}6$ g.

Εφαρμογή

11,7 g χλωριούχου νατρίου αντιδρούν με περίσσεια θειικού οξέος σε κατάλληλες συνθήκες. Το αέριο που παράγεται διαβιβάζεται σε περίσσεια διαλύματος ανθρακικού νατρίου. Να υπολογιστεί ο όγκος σε STP του αερίου που θα παραχθεί. Δίνονται οι τιμές των A_r: Na : 23, Cl: 35,5.
(2,24 L)

Παρατήρηση

Ένας δεύτερος πιο *γενικός τρόπος*, για να λύνουμε προβλήματα με διαδοχικές αντιδράσεις, είναι ο ακόλουθος. Ορίζουμε x τον αριθμό των mol του «πρώτου» αντιδρώντος και υπολογίζουμε συναρτήσει του x τις ποσότητες όλων των υπολοίπων ουσιών που συμμετέχουν στις αντιδράσεις. Με βάση τα δεδομένα του προβλήματος υπολογίζουμε το x και απ' αυτό βρίσκουμε τον αριθμό mol όλων των άλλων ουσιών που μας ενδιαφέρουν.

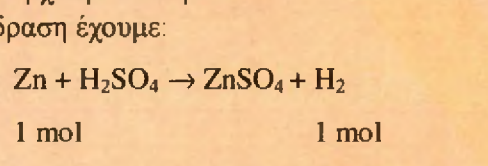
Παράδειγμα 4.18

Ορισμένη ποσότητα ψευδαργύρου αντιδρά με αραιό διάλυμα θειικού οξέος. Το αέριο που παράγεται αντιδρά με οξείδιο του χαλκού, οπότε παράγονται 31,75 g Cu. Να υπολογιστεί η μάζα του Zn που αντέδρασε αρχικά. Δίνονται οι τιμές των A_r: Cu: 63,5 , Zn: 65.

ΛΥΣΗ

Έστω x mol η αρχική ποσότητα του Zn.

Από την αντίδραση έχουμε:

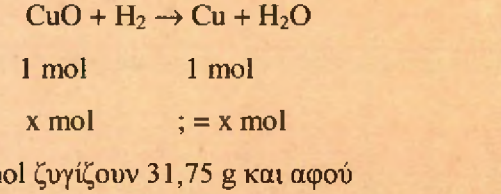


$$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$$

1 mol 1 mol

x mol ; = x mol

Τα x mol όμως του H_2 αντιδρούν με το CuO σύμφωνα με την αντίδραση.



$$CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$$

1 mol 1 mol

x mol ; = x mol

Όμως τα x mol ζυγίζουν 31,75 g και αφού

το 1 mol ζυγίζει 63,5 g

x mol 31,75 g ή x = 0,5.

Δηλαδή, $m_{Zn} = 0,5 \cdot 65$ g = 32,5 g.

Εφαρμογή

Ποσότητα μαγνησίου αντιδρά με περίσσεια διαλύματος HCl και δίνει αέριο το οποίο αντιδρά πλήρως με Cl_2, και παίρνουμε νέο αέριο το οποίο αντιδρά με περίσσεια διαλύματος $AgNO_3$ δίνοντας 28,7 g λευκού ιζήματος. Ποια είναι η μάζα της αρχικής ποσότητας του μαγνησίου; Δίνονται οι τιμές των A_r: Mg: 24, Ag: 108, Cl: 35,5.

(2,4 g)

Τελειώνοντας τα προβλήματα με στοιχειομετρικούς υπολογισμούς, ας δούμε πώς μπορούμε να βρούμε τη σύσταση ενός μίγματος με βάση την αντίδραση των συστατικών του με κάποια ή κάποιες άλλες ουσίες.

Παράδειγμα 4.19

13,3 g μίγματος χλωριούχου νατρίου και χλωριούχου καλίου αντιδρούν πλήρως με διάλυμα $AgNO_3$. Αν μετά από τις αντιδράσεις έχουν καταβυθιστεί 28,7 g AgCl, να βρεθεί η σύσταση του αρχικού μίγματος.

Δίνονται οι τιμές των A_r. Na: 23, K: 39, Cl: 35,5, Ag: 108.

ΛΥΣΗ

Βρίσκουμε τις σχετικές μοριακές μάζες :

$NaCl \rightarrow M_r = 58,5$

$KCl \rightarrow M_r = 74,5$

$AgCl \rightarrow M_r = 143,5$

Έστω x τα mol του NaCl

και ψ τα mol του KCl.

$NaCl + AgNO_3 \rightarrow NaNO_3 + AgCl\downarrow$

1 mol 1 mol

x mol ; = x mol

$KCl + AgNO_3 \rightarrow KNO_3 + AgCl\downarrow$

1 mol 1 mol

ψ mol ; = ψ mol

Όμως γνωρίζουμε ότι:

$m_{NaCl} + m_{KCl} = 13,3$ g

ή $x \cdot 58,5 + \psi \cdot 74,5 = 13,3$ (1)

Για τον AgCl έχουμε (x+ψ) mol, άρα

$(x+\psi) \cdot 143,5 = 28,7$ (2)

Λύνω το σύστημα των δύο εξισώσεων και έχουμε ότι:

x=0,1

ψ=0,1

Άρα στο μίγμα περιέχονται 0,1 mol ή 0,1·58,5 g=5,85 g NaCl

και 0,1 mol ή 0,1·74,5 g = 7,45 g KCl.

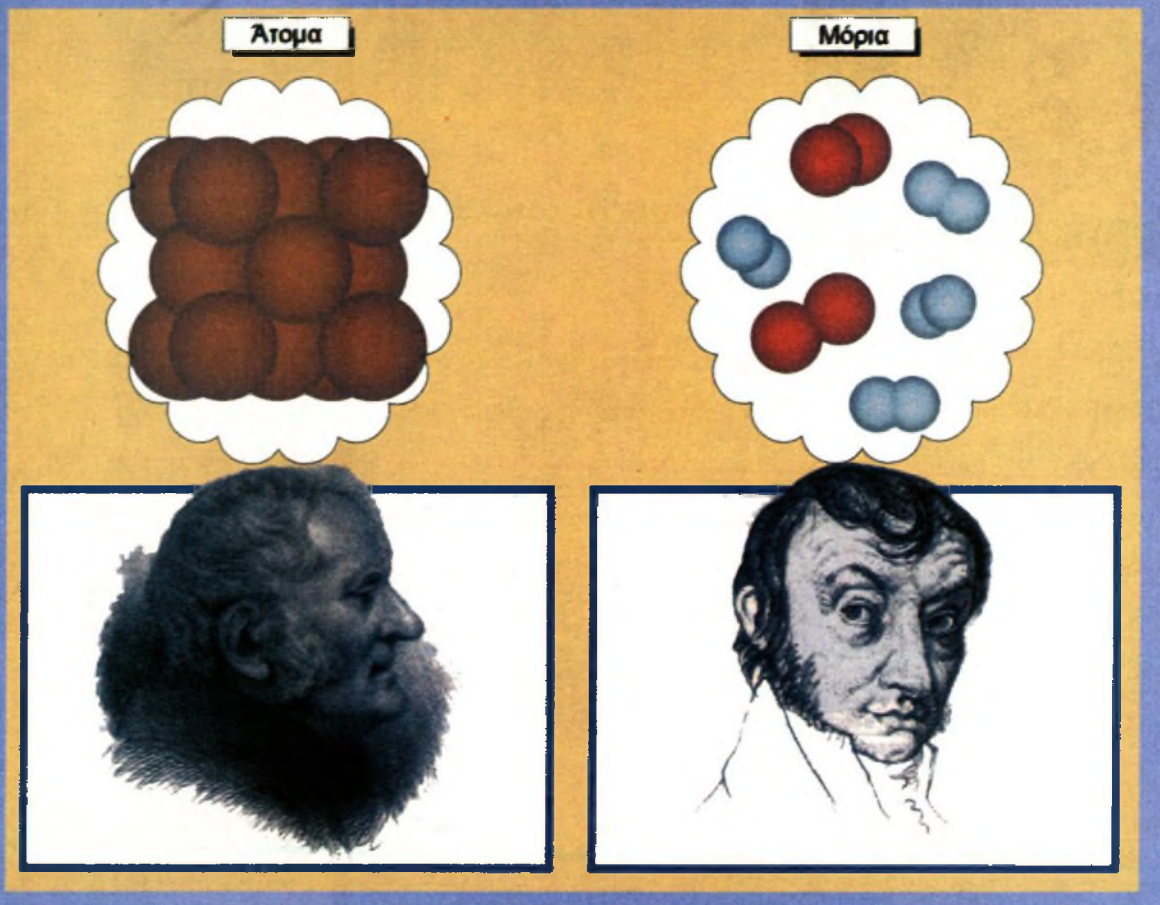
Εφαρμογή

10 g μίγματος Fe και FeS αντιδρούν πλήρως με περίσσεια διαλύματος HCl και από τις δύο αντιδράσεις εκλύονται 3,36 L αέριου μίγματος που μετρήθηκαν σε STP. Να βρεθεί η μάζα κάθε συστατικού του αρχικού μίγματος. Δίνονται οι τιμές των A_r: Fe: 56, S: 32.

(5,6 g Fe - 4,4 g FeS)

Γνωρίζεις ότι...

Οι άνθρωποι που χάραξαν το δρόμο της Χημείας.



John DALTON (1766-1844)

1793 Δάσκαλος Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών στο Manchester.

1801 Μετεωρολογικές Προβλέψεις. Έρευνα στα αέρια και τη σχέση τους με θερμοκρασία και πίεση.

1803 Ερμηνεία συμπεριφοράς αερίων με τη βοήθεια των ατόμων, ως τα μικρότερα σωματίδια της ύλης.

1805 Εισαγωγή στην Ατομική Θεωρία. Πίνακας σχετικών ατομικών μαζών.

1808 Έκδοση βιβλίου: «Ένα νέο σύστημα Χημικής Φιλοσοφίας». Διατύπωση ατομικής θεωρίας. Συμβολισμός χημικών ενώσεων.

Οι χημικοί τύποι, πάντως, όπως τους γνωρίζουμε σήμερα, προέρχονται από τον Berzelius.

Amadeo AVOGADRO (1776-1856)

1796 Νομικές Σπουδές στο Τορίνο.

1809 Καθηγητής Φυσικής Φιλοσοφίας.

1811 Εισαγωγή στη Μοριακή Θεωρία. Διατύπωση της περίφημης υπόθεσης ότι: «ίσοι όγκου αερίων στις ίδιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, περιέχουν το ίδιο πλήθος μορίων».

1820 Καθηγητής Μαθηματικών και Φυσικής στο Τορίνο.

Η Μοριακή Θεωρία του Avogadro αναγνωρίστηκε και έγινε αποδεκτή μετά το θάνατό του. Η τελική απόφαση πάρθηκε σε ένα μεγάλο Συνέδριο Χημείας το 1860 στην Karlsruhe.

Για πολλά χρόνια, υπήρχε σύγχυση όσον αφορά τη διάκριση μεταξύ ατόμων και μορίων. Η σαφής διάκριση μεταξύ αυτών, δόθηκε 50 χρόνια αργότερα από τον μαθητή του Avogadro, Cannizzaro.

Γνωρίζεις ότι...

4 mol διαφορετικών στοιχείων. Από δεξιά προς τ' αριστερά: 1mol S, 1 mol Hg, 1mol Cu και 1mol He

Η προέλευση του όρου «mole»

Ο όρος «mol» χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον φυσικοχημικό Wilhelm Ostwald στις αρχές του 20ου αιώνα. Με αυτόν περιέγραφε την ποσότητα μιας ουσίας με μάζα σε g αριθμητικά ίση με τη σχετική μοριακή της μάζα. (Grundlinien der anorganischen chemie, .Leipzig: Engelmann,1900). Προτίμησε τον όρο αυτό από τον "gram-molecule" ή γραμμομόριο, ο οποίος ήταν σε χρήση. Ο λόγος ήταν ότι εκείνη την εποχή ο Ostwald αισθανόταν πως δεν υπήρχαν αρκετές αποδείξεις για την ύπαρξη των μορίων. Γι' αυτόν το mol ήταν η ποσότητα μιας ουσίας η οποία συμπεριφερότανε σαν να περιείχε έναν ορισμένο αριθμό μορίων. Η ορολογία του ήταν συνεπής με τις σκέψεις του, εφόσον η λέξη "mole" σημαίνει μεγάλη μάζα (λατινικά moles) σε αντίθεση με τη λέξη "molecule" (molecula), που σημαίνει μικρή μάζα.

Ο Ostwald αργότερα άλλαξε άποψη σε ότι αφορά την ύπαρξη των μορίων. Αυτό έγινε μετά την απόδειξη από τον Einstein, ότι η κίνηση Brown των κόκκων της γύρης σε ένα ποτήρι νερό μπορεί ποσοτικά να δείχνει το βομβαρδισμό των κόκκων αυτών από τα μόρια του νερού.

Το όνομα και η σημασία αυτής της φυσικής ποσότητας έγινε αιτία πολλών συζητήσεων μέχρις ότου, από το 1971, έγινε το mol η έβδομη βασική μονάδα στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) της φυσικής ποσότητας «ποσότητα ουσίας».

Ανακεφαλαίωση

1. Σχετική ατομική μάζα (A_r) ή ατομικό βάρος (ΑΒ) λέγεται ο αριθμός που δείχνει πόσες φορές είναι μεγαλύτερη η μάζα του ατόμου του στοιχείου από το 1/12 της μάζας του ατόμου του άνθρακα -12. Σχετική μοριακή μάζα (M_r) ή μοριακό βάρος (ΜΒ) χημικής ουσίας λέγεται ο αριθμός που δείχνει πόσες φορές είναι μεγαλύτερη η μάζα του μορίου του στοιχείου ή της χημικής ένωσης από το 1/12 της μάζας του ατόμου του άνθρακα -12.

2. Ο αριθμός Avogadro ($6{,}02 \cdot 10^{23}$) εκφράζει τον αριθμό των ατόμων οποιουδήποτε στοιχείου που περιέχονται σε μάζα τόσων γραμμαρίων όσο είναι το A_r ή εκφράζει τον αριθμό των μορίων που περιέχονται σε μάζα τόσων γραμμαρίων όσο είναι το M_r της ουσίας.

3. Το 1 mol είναι η ποσότητα μιας ουσίας που περιέχει N_A οντότητες.

4. Σύμφωνα με την υπόθεση του Avogadro, ίσοι όγκοι αερίων ή ατμών στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης περιέχουν τον ίδιο αριθμό μορίων και αντιστρόφως.

5. Γραμμομοριακός όγκος (V_m) μιας αέριας χημικής ουσίας ονομάζεται ο όγκος που καταλαμβάνει το 1 mol της ουσίας αυτής σε ορισμένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

6. Η καταστατική εξίσωση των αερίων, που δίνεται από τη σχέση $PV = nRT$, συνδέει την πίεση (P), τον όγκο (V), την απόλυτη θερμοκρασία (T) και τον αριθμό των mol (n) ενός ιδανικού αερίου.

7. Μία από τις συνηθέστερες μονάδες περιεκτικότητας ενός διαλύματος είναι η μοριακότητα κατ' όγκο ή συγκέντρωση ή Molarity, η οποία εκφράζει τα mol διαλυμένης ουσίας που περιέχονται σε 1 L διαλύματος. Όταν σε ένα διάλυμα προσθέτουμε νερό, η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή, ενώ το τελικό διάλυμα έχει μικρότερη συγκέντρωση από το αρχικό.

8. Οι συντελεστές σε μία χημική εξίσωση καθορίζουν την αναλογία mol των αντιδρώντων και προϊόντων στην αντίδραση (στοιχειομετρικοί συντελεστές). Οι στοιχειομετρικοί υπολογισμοί γίνονται με βάση το αντιδρών που δε βρίσκεται σε περίσσεια (περιοριστικό αντιδραστήριο).

Λέξεις Κλειδιά

σχετική ατομική μάζα

σχετική μοριακή μάζα

mol

αριθμός Avogadro

υπόθεση Avogadro

Γραμμομοριακός όγκος

πρότυπες συνθήκες (STP)

καταστατική εξίσωση αερίων

παγκόσμια σταθερά αερίων

συγκέντρωση ή μοριακότητα κατ' όγκο διαλύματος

αραίωση διαλύματος

ανάμειξη διαλυμάτων

στοιχειομετρικοί υπολογισμοί

περίσσεια

Ερωτήσεις Επανάληψης

1. Να δώσετε τους ορισμούς:

α) ατομική μονάδα μάζας (amu)

β) σχετική ατομική μάζα ή ατομικό βάρος

γ) σχετική μοριακή μάζα ή μοριακό βάρος.

2. Να διατυπώσετε την υπόθεση του Avogadro για τα αέρια καθώς και το αντίστροφό της.

3. α) Τι ονομάζεται αριθμός του Avogadro;

β) Τι είναι το 1 mol;

γ) Πόσο ζυγίζει το 1 mol μορίων μιας χημικής ουσίας;

δ) Πόσο ζυγίζει το 1 mol ατόμων ενός στοιχείου;

4. Τι είναι ο γραμμομοριακός όγκος (V_m) μιας χημικής ουσίας; Ποιες είναι οι κανονικές συνθήκες για τα αέρια; Ποια είναι η τιμή του V_m για τα αέρια σε STP;

5. Να γράψετε την καταστατική εξίσωση των αερίων και να εξηγήσετε τα σύμβολα των μεγεθών. Σε ποιες μονάδες μετρούνται τα μεγέθη αυτά;

Ασκήσεις - Προβλήματα

Βασικές έννοιες: Σχετική Ατομική Μάζα (Ατομικό Βάρος) - Σχετική Μοριακή Μάζα (Μοριακό Βάρος) - Mol - Αριθμός Avogadro - Γραμμομοριακός όγκος

6. α) Τι σημαίνει ότι το A_r (σχετική ατομική μάζα) του υδραργύρου είναι 200;

β) Τι σημαίνει ότι το M_r (σχετική μοριακή μάζα) του φωσφορικού ασβεστίου είναι 310;

7. Η ακριβής σχετική ατομική μάζα του μαγνησίου (Mg) φαίνεται από τον πίνακα ότι είναι 24,305. Να εξηγήσετε γιατί η σχετική ατομική μάζα του μαγνησίου είναι δεκαδικός αριθμός.

8. Να συμπληρώσετε τις παρακάτω προτάσεις:

1) Το 1 mol είναι η ..... μιας ουσίας που περιέχει ..... σωματίδια.

2) Ο αριθμός του Avogadro ($N_A = 6{,}02 \cdot 10^{23}$) εκφράζει:

α) τον αριθμό των ατόμων που ζυγίζουν τόσα γραμμάρια όσο είναι η ..... του στοιχείου

• Η σχετική ατομική μάζα (Ατομικό Βάρος) τις πιο πολλές φορές στην Ελληνική βιβλιογραφία συμβολίζεται με ΑΒ. Στο παρόν βιβλίο υιοθετείται η πρόταση της IUPAC και συμβολίζεται A_r.

• Η σχετική μοριακή μάζα (Μοριακό Βάρος) τις πιο πολλές φορές στην Ελληνική βιβλιογραφία συμβολίζεται με ΜΒ. Στο παρόν βιβλίο υιοθετείται η πρόταση της IUPAC και συμβολίζεται M_r.

β) τον αριθμό των μορίων που ζυγίζουν τόσα γραμμάρια όσο είναι η ..... της χημικής ουσίας

9. Να εξηγήσετε γιατί ο γραμμομοριακός όγκος (V_m) σε ορισμένες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης των αερίων έχει σταθερή τιμή.

10. Η σχετική ατομική μάζα (ατομικό βάρος) του Cl προσδιορίστηκε με μεγάλη ακρίβεια και βρέθηκε ίση με 35,453. Αυτό οφείλεται στο ότι:
α) όλα τα άτομα του χλωρίου δεν έχουν τον ίδιο ατομικό αριθμό
β) κατά τον προσδιορισμό του ατομικού βάρους λαμβάνεται υπ' όψη και ο αριθμός των ηλεκτρονίων
γ) το φυσικό χλώριο είναι μίγμα ισοτόπων
δ) για κάποιο διαφορετικό λόγο από τους παραπάνω.
Να διαλέξετε τη σωστή απάντηση.

11. Να χαρακτηρίσετε με Σ τις παρακάτω προτάσεις αν είναι σωστές και με Λ αν είναι λανθασμένες.
1. η σχετική μοριακή μάζα (μοριακό βάρος) των χημικών ουσιών μετριέται σε γραμμάρια
2. το 1 mol οποιασδήποτε χημικής ουσίας σε STP συνθήκες καταλαμβάνει όγκο 22,4 L
3. το 1 mol μορίων σιδήρου ζυγίζει το ίδιο με το 1 mol ατόμων σιδήρου
4. όσο μεγαλύτερο είναι το M_r μιας χημικής ένωσης, τόσο μεγαλύτερη είναι και η μάζα του μορίου της

12. Να βρείτε τις σχετικές μοριακές μάζες των παρακάτω στοιχείων και χημικών ενώσεων:
α) Br_2 β) Fe γ) O_3 δ) P_4 ε) SO_2
στ) HNO_2 ζ) $Ca(OH)_2$ η) $Fe_2(SO_4)_3$
Δίνονται οι τιμές των A_r.
Br: 80, Fe: 56, O: 16, P: 31, S: 32, H: 1, N: 14, Ca: 40

160-56-48-124-64-47-74-400

13. Η μάζα ενός μορίου CH_4 είναι ίση με:
α) $6{,}02 \cdot 10^{23}$ g β) $2{,}66 \cdot 10^{-23}$ g γ) 16 g δ) 0,000032 g
Να διαλέξετε τη σωστή απάντηση.

14. Να αντιστοιχίσετε τα γράμματα με τους αριθμούς

Μοριακός τύπος	Σχετική μοριακή μάζα
1. O_2	α. 44
2. CO_2	β. 28
3. N_2	γ. 48
4. O_3	δ. 32
5. H_2S	ε. 34

Δίνονται οι τιμές των A_r: O: 16, C: 12, N: 14, H: 1, S: 32

15. Ένα στοιχείο έχει $A_r = 31$ και $M_r = 124$. Το στοιχείο αυτό είναι:
α) διατομικό β) μονοατομικό γ) τετρατομικό δ) τίποτε από αυτά.
Να διαλέξετε τη σωστή απάντηση.

16. Πόσο ζυγίζουν:
α) 10 mol μοριακού οξυγόνου β) 2 mol διοξειδίου του άνθρακα γ) 4 mol φωσφορικού οξέος;

320 g – 88 g – 392 g

17. Πόσα mol είναι τα:
α) 560 g αζώτου β) 68 g υδρόθειου γ) 3 kg υδρογόνου

20 mol – 2 mol – 1500 mol

18. Πόσο όγκο καταλαμβάνουν σε STP συνθήκες:
α) 3 mol αμμωνίας (NH_3) β) 0,001 mol διοξειδίου του θείου.

67,2 L – 0,0224 L

19. Να διαλέξετε τη σωστή απάντηση σε καθεμία από τις παρακάτω προτάσεις:
1. Τα 10 N_A μόρια αμμωνίας είναι:
α) 2 mol β) 0,1 mol γ) 10 mol δ) 100 mol
2. Τα 2,6 mol διοξειδίου του άνθρακα περιέχουν:
α) 0,26 N_A μόρια β) 260 N_A άτομα συνολικά από όλα τα στοιχεία γ) 26 N_A μόρια δ) 2,6 N_A μόρια
3. Τα 112 L αερίου H_2S σε STP συνθήκες είναι:
α) 11,2 mol β) 0,5 mol γ) 5 mol δ) 112 mol

* **20.** Αν οι ενώσεις με μοριακούς τύπους C_2H_4 και NH_3 έχουν αντίστοιχα σχετικές μοριακές μάζες 28 και 17, να βρείτε τη σχετική μοριακή μάζα της ένωσης C_2H_7N, χωρίς να χρησιμοποιήσετε τις σχετικές ατομικές μάζες των στοιχείων.

45

* **21.** Πόσα λίτρα υδρογόνου, μετρημένα σε πρότυπες συνθήκες, περιέχουν τον ίδιο αριθμό μορίων με αυτόν που περιέχεται σε 8 g οξυγόνου;

5,6 L

* **22.** 100 g αερίου X καταλαμβάνουν όγκο 44,8 L σε STP συνθήκες. Πόση είναι η σχετική μοριακή μάζα του X;

50

23. Η πυκνότητα του οξυγόνου σε STP συνθήκες είναι:
α) 2,24 g/L β) 32 g/L γ) 1,43 g/L
Να διαλέξετε τη σωστή απάντηση.

24. Αέριο A έχει πυκνότητα 3,04 g/L σε πρότυπες συνθήκες. Να βρείτε τη σχετική μοριακή μάζα του A.

68

* **25.** Αέριο με μοριακό τύπο XH_3 έχει πυκνότητα 3,48 g/L σε STP συνθήκες. Να βρείτε τη σχετική ατομική μάζα του X, αν η σχετική ατομική μάζα του υδρογόνου είναι 1.

75

26. Πόσα λίτρα διοξειδίου του άνθρακα μετρημένα σε πρότυπες συνθήκες περιέχουν τόσα άτομα οξυγόνου, όσα περιέχονται σε 3,2 g διοξειδίου του θείου;

1,12 L

27. Να διαλέξετε τις σωστές απαντήσεις:

1. Σε 90 g νερού περιέχονται:
   α) 18 g υδρογόνου β) 10 g υδρογόνου γ) 60 g οξυγόνου
2. 42 g αζώτου περιέχονται σε:
   α) 51 g NH_3 β) 48 g NH_3 γ) 126 g NH_3
3. Σε 560 mL CO_2 που μετρήθηκαν σε STP περιέχονται:
   α) 8 g οξυγόνου β) 0,4 g οξυγόνου γ) 0,8 g οξυγόνου
4. Σε 68 g υδρόθειου περιέχονται:
   α) $4N_A$ άτομα H β) $4N_A$ άτομα S γ) $6,8N_A$ άτομα H

28. Να χαρακτηρίσετε με Σ τις παρακάτω προτάσεις αν είναι σωστές και με Λ αν είναι λανθασμένες.

1. τα 20 L H_2 περιέχουν διπλάσιο αριθμό μορίων από τα 20 L He στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης
2. στο 1 mol NH_3 περιέχονται συνολικά από όλα τα στοιχεία $4N_A$ άτομα
3. στα 4 mol H_2SO_4 περιέχονται 16 άτομα οξυγόνου
4. στα 4 mol CO_2 περιέχεται διπλάσιος αριθμός μορίων από ό,τι στα 2 mol SO_2

29. Πόσο ζυγίζει;
α) 1 άτομο He β) 1 άτομο μολύβδου.

$4/N_A$ g, $207/N_A$ g

30. Ποια είναι η μάζα ενός μορίου;
α) οξυγόνου β) υδροχλωρίου.

$32/N_A$ g, $36,5/N_A$ g

31. Να δείξετε ότι ο λόγος του αριθμού των mol δύο χημικών ουσιών είναι ίσος με το λόγο του αριθμού των μορίων τους.

*** 32.** Δίνεται ισομοριακό μίγμα δύο αερίων A και B. Αν η μάζα του A στο μίγμα είναι τα τρία τέταρτα της μάζας του B και η σχετική μοριακή μάζα του A είναι 21, να υπολογίσετε τη σχετική μοριακή μάζα του B.

28

*** 33.** Αέριο μίγμα αποτελείται από 4 mol NH_3 και 2 mol N_2. Πόσο ζυγίζει το μίγμα; Πόσον όγκο καταλαμβάνει το μίγμα σε STP συνθήκες;

124 g, 134,4 L

*** 34.** Αέριο μίγμα αποτελείται από 3 mol H_2S και 1,2 mol NH_3. Πόσα άτομα και πόσα γραμμάρια υδρογόνου περιέχει το μίγμα;

$9,6N_A$ άτομα
9,6 g

**** 35.** Σε 6,8 g μίγματος αμμωνίας και υδρόθειου περιέχονται $0,8N_A$ άτομα υδρογόνου. Πόσα γραμμάρια αμμωνίας περιέχει το μίγμα;

3,4 g

36. Μίγμα περιέχει ίσα mol δύο αερίων A και B με σχετικές μοριακές μάζες M_A και M_B αντιστοίχως. Να υπολογίσετε:
α) το λόγο των μαζών των δύο αερίων στο μίγμα

β) το λόγο των όγκων των δύο αερίων στο μίγμα.

*** 37.** Να συμπληρώσετε τον επόμενο πίνακα:

	mol	g	L (STP)	μόρια
CO_2	α	44α		
H_2S		β		
NH_3			γ	
SO_2				δ

Καταστατική Εξίσωση

38. Να υπολογίσετε την τιμή της παγκόσμιας σταθεράς των αερίων (R).

39. Για δύο αέρια Α και Β που βρίσκονται στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης να δείξετε ότι ο λόγος των όγκων τους είναι ίσος με το λόγο των mol τους, δηλαδή ότι ισχύει:

$$\frac{V_A}{V_B} = \frac{n_A}{n_B}$$

40. Αέριο Χ σε δοχείο όγκου V και σε απόλυτη θερμοκρασία T ασκεί πίεση P.

I) Μέσω ενός εμβόλου τετραπλασιάζουμε την πίεση του αερίου σε σταθερή θερμοκρασία. Ο όγκος θα είναι:

α) V
β) $4V$
γ) $2V$
δ) $0,25V$

II) Διπλασιάζουμε την απόλυτη θερμοκρασία του αερίου υπό σταθερή πίεση. Ο όγκος θα είναι:

α) $0,5V$
β) V
γ) $2V$
δ) $10V$

Να διαλέξετε τη σωστή απάντηση σε κάθε περίπτωση.

41. Η τιμή της παγκόσμιας σταθεράς των αερίων (R) εξαρτάται:

α) από τη θερμοκρασία των αερίων
β) από τον όγκο και τη θερμοκρασία των αερίων
γ) από την πίεση και τον όγκο των αερίων
δ) από τη φύση κάθε αερίου
ε) δεν εξαρτάται από κανένα από τους παραπάνω παράγοντες

Να διαλέξετε τη σωστή απάντηση.

*** 42.** Να χαρακτηρίσετε με Σ τις παρακάτω προτάσεις αν είναι σωστές και με Λ αν είναι λανθασμένες.

• Για τα προβλήματα που θα χρησιμοποιηθεί η καταστατική εξίσωση δίνεται, ότι

$R = 0,082$ L atm K^{-1} mol^{-1}

1. η προσθήκη ποσότητας διοξειδίου του άνθρακα σε δοχείο σταθερού όγκου που περιέχει μονοξείδιο του άνθρακα σε σταθερή θερμοκρασία, αυξάνει την πίεση που ασκείται στα τοιχώματα του δοχείου
2. αν αυξήσουμε τον όγκο ενός δοχείου που περιέχει ποσότητα οξυγόνου διατηρώντας την πίεση σταθερή, η θερμοκρασία του αερίου παραμένει σταθερή

43. Να δικαιολογήσετε τις απαντήσεις σας.

Αέριο διοχετεύεται σε ένα μπαλόνι όγκου 5 L και προκαλεί αύξηση της μάζας του μπαλονιού κατά 16 g στους 32 °C και σε πίεση 1 atm. Να βρείτε τη σχετική μοριακή μάζα του αερίου. 80

* **44.**

Αέριο Χ σε δοχείο όγκου V και σε θερμοκρασία 27 °C ασκεί πίεση 3 atm. Το αέριο θερμαίνεται στους 127 °C, ενώ ο όγκος του δοχείου διατηρείται σταθερός. Πόση πίεση ασκεί το αέριο Χ στους 127 °C; 4 atm

45.

Σε δοχείο όγκου 5,6 L και θερμοκρασίας 57 °C εισάγονται 64g οξυγόνου (O_2). Να υπολογίσετε την πίεση που ασκεί το οξυγόνο στο δοχείο. 9,7 atm

46.

Δοχείο όγκου 56 L και θερμοκρασίας 77 °C περιέχει ορισμένη ποσότητα αερίου Χ του οποίου η σχετική μοριακή μάζα είναι 40. Αν το Χ ασκεί πίεση 2 atm, να υπολογίσετε τη μάζα του στο δοχείο. 156 g

47.

Σε δοχείο όγκου 2,8 L και θερμοκρασίας 273 °C εισάγονται $0,5N_A$ μόρια διοξειδίου του άνθρακα. Πόση πίεση ασκεί το αέριο στο δοχείο; 8 atm

* **48.**

Δοχείο Α έχει διπλάσιο όγκο από δοχείο Β. Στο Α εισάγονται 0,2 mol O_2 και στο Β 0,4 mol N_2. Να υπολογίσετε το λόγο των πιέσεων των αερίων στα δύο δοχεία, αν αυτά βρίσκονται στην ίδια θερμοκρασία. 1:4

* **49.**

34 g του αερίου XH_3 καταλαμβάνουν όγκο 22,4 L σε θερμοκρασία 546 K και πίεση 4 atm. Δίνεται $A_{r\,H}=1$

α) Πόσα mol είναι τα 34 g του αερίου;

β) Πόση είναι η σχετική μοριακή μάζα του αερίου;

γ) Πόση είναι η σχετική ατομική μάζα του στοιχείου Χ;

α) 2 mol
β) 17
γ) 14

** **50.**

Να υπολογίσετε την πυκνότητα της αμμωνίας (NH_3):

α) σε STP συνθήκες

β) σε πίεση 2 atm και θερμοκρασία 819 °C

α) 0,76 g/L
β) 0,38 g/L

* **51.**

Να υπολογίσετε τη σχετική μοριακή μάζα του αερίου Α, αν η πυκνότητά του είναι 2 g/L σε πίεση 2 atm και θερμοκρασία 546 K. 45

* **52.**

Σε δοχείο όγκου 56 L και θερμοκρασία 546 K εισάγονται 11 g CO_2, 34 g H_2S και 56 g N_2. Πόση πίεση ασκεί το μίγμα των τριών αερίων; 2,6 atm

* **53.** Σε δοχείο θερμοκρασίας 57 °C εισάγονται 288 g μίγματος οξυγόνου και αζώτου, το οποίο περιέχει τα δύο αέρια σε αναλογία mol 1:4 αντιστοίχως. Αν το μίγμα αυτό ασκεί πίεση 20 atm, να βρείτε:
α) πόσα mol από κάθε αέριο περιέχει το μίγμα
β) τον όγκο του δοχείου

α) 2 mol – 8 mol
β) 13,53 L

Συγκέντρωση διαλύματος

54. Να συμπληρώσετε τις παρακάτω προτάσεις:
α) Η συγκέντρωση ενός διαλύματος δείχνει τον αριθμό των ..... της διαλυμένης ουσίας που περιέχονται σε ..... διαλύματος
β) Διάλυμα 2 M σημαίνει ....
γ) Με την προσθήκη ή αφαίρεση νερού από διάλυμα, η .... παραμένει σταθερή.

55. Σε 400 mL διαλύματος υδροξειδίου του καλίου περιέχονται 0,2 mol KOH. Να υπολογίσετε τη μοριακότητα κατ'όγκον (συγκέντρωση) του διαλύματος.

0,5 M

* **56.** Σε πόσα γραμμάρια διαλύματος νιτρικού οξέος, πυκνότητας 1,02 g/mL και μοριακότητας κατ'όγκον 0,2 M, περιέχονται 6,3 g του οξέος;

510 g

* **57.** Σε 400 g νερού διαλύονται 20 g υδροξειδίου του νατρίου (NaOH), οπότε προκύπτει διάλυμα με πυκνότητα 1,04 g/mL. Να υπολογίσετε τη συγκέντρωση του διαλύματος.

1,24 M

* **58.** Να υπολογίσετε τη μοριακότητα κατ'όγκον (συγκέντρωση) ενός διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου, περιεκτικότητας 2% κατ'όγκον (w/v).

0,5 M

* **59.** Να υπολογίσετε την % κατά βάρος (w/w) περιεκτικότητα διαλύματος θειικού οξέος (H_2SO_4), του οποίου η συγκέντρωση είναι 2 M και η πυκνότητά του είναι 1,1 g/mL.

17,8% w/w

60. Σε 200 mL θαλασσινού νερού περιέχονται 5,85 g καθαρού χλωριούχου νατρίου (NaCl). Να βρείτε τη συγκέντρωση του θαλασσινού νερού σε NaCl.

0,5 M

61. Να διαλέξετε τη σωστή απάντηση για καθεμία από τις παρακάτω προτάσεις, δικαιολογώντας τις απαντήσεις σας:
1. Σε διάλυμα υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) συγκέντρωσης 2 M προσθέτουμε 400 mL H_2O. Η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος θα είναι: α) 2 M β) 4 M γ) 0,5 M
2. Από διάλυμα χλωρισύχου νατρίου (NaCl) συγκέντρωσης 1,5 M αφαιρούμε με εξάτμιση 500 mL H_2O. Η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος θα είναι: α) 3 M β) 1,5 M γ) 0,15 M

* **62.** Σε 500 mL διαλύματος θειικού οξέος, περιεκτικότητας 8% κατ'όγκον (w/v) προστίθενται 100 mL νερού. Να βρείτε:
α) την % w/v περιεκτικότητα
β) τη μοριακότητα κατ'όγκον (συγκέντρωση) του τελικού διαλύματος.

α) 6,67 % w/v
β) 0,68 M

* **63.** Θερμαίνουμε 40 mL διαλύματος νιτρικού νατρίου συγκέντρωσης 0,4 M, ώσπου να εξατμιστούν 8 mL H_2O. Ποια θα είναι η συγκέντρωση του τελικού διαλύματος;

0,5 M

* **64.** Αναμειγνύονται 200 mL διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου (NaOH) περιεκτικότητας 10% κατ'όγκον (w/v) με 300 mL άλλου διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου περιεκτικότητας 2% κατ'όγκον (w/v). Να βρείτε για το διάλυμα που προέκυψε:
α) την % w/v περιεκτικότητα
β) τη συγκέντρωση (μοριακότητα κατ'όγκον).

α) 5,2% w/v
β) 1,3 M

** **65.** Σε 540 g διαλύματος θειικού οξέος, περιεκτικότητας 9,8 % w/v και πυκνότητας 1,08 g/mL, προστίθενται 4,5 L άλλου διαλύματος θειικού οξέος συγκέντρωσης 2 M. Να βρείτε τη συγκέντρωση του τελικού διαλύματος.

1,9 M

* **66.** Πόσα λίτρα διαλύματος υδροχλωρίου 0,1 M πρέπει να αναμιχθούν με 3 L διαλύματος υδροχλωρίου 0,3 M για να προκύψει διάλυμα υδροχλωρίου 0,15 M;

9 L

* **67.** Σε ποια αναλογία όγκων πρέπει να αναμιχθούν δύο διαλύματα υδροχλωρίου, το ένα συγκέντρωσης 2 M και το άλλο περιεκτικότητας 3,65% w/v, για να προκύψει διάλυμα συγκέντρωσης 1,4 M;

2:3

* **68.** Πόσα mL νερού πρέπει να εξατμισθούν από 800 mL διαλύματος υδροξειδίου του καλίου, περιεκτικότητας 10% w/w και πυκνότητας 1,05 g/mL, για να προκύψει διάλυμα με συγκέντρωση 2 M;

50 mL

Στοιχειομετρικοί Υπολογισμοί

69. Πόσα mol ανθρακικού ασβεστίου πρέπει να αντιδράσουν με διάλυμα θειικού οξέος, για να εκλυθούν 4,48 L αερίου μετρημένα σε STP συνθήκες; Πόσα γραμμάρια θειικού ασβεστίου σχηματίζονται συγχρόνως;

0,2 mol – 27,2 g

* **70.** Ζητείται ο όγκος της αμμωνίας που παράγεται σε θερμοκρασία 57 °C και πίεση 1,5 atm, όταν αντιδράσουν 0,1 mol χλωριούχου αμμωνίου με περίσσεια διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου.

1,8 L

* **71.** Πόσα λίτρα υδρόθειου (μετρημένα σε STP) θα σχηματιστούν, αν αντιδράσουν με περίσσεια διαλύματος υδροχλωρίου, 20 g ορυκτού που περιέχει 88% κατά βάρος (w/w) θειούχο σίδηρο (II); Τα υπόλοιπα συστατικά του ορυκτού δεν αντιδρούν με το υδροχλώριο.

4,48 L

72. Πόσα γραμμάρια ακάθαρτου ψευδαργύρου, περιεκτικότητας 85% σε καθαρό ψευδάργυρο πρέπει να αντιδράσουν με περίσσεια διαλύματος υδροχλωρίου, για να παραχθούν 984 cm^3 υδρογόνου, μετρημένα σε θερμοκρασία 27°C και πίεση 3 atm;

9.18 g

73. Πόσα λίτρα διαλύματος υδροχλωρίου 2 M αντιδρούν πλήρως με 21,2 g ανθρακικού νατρίου;

0.2 L

74. Το γαστρικό υγρό ασθενούς που πάσχει από έλκος του δωδεκαδάκτυλου έχει συγκέντρωση υδροχλωρίου 0,05 M. Αν υποτεθεί ότι μέσα στο στομάχι εισέρχονται 3 L γαστρικού υγρού την ημέρα, πόσα γραμμάρια υδροξειδίου του αργιλίου απαιτούνται ημερησίως για την εξουδετέρωση του οξέος;

3.9 g

75. Πόσα γραμμάρια υδροχλωρίου θα παραχθούν, αν επιδράσουν 44,8 L υδρογόνου (μετρημένα σε STP συνθήκες) σε 150 g χλωρίου, στις κατάλληλες συνθήκες;

146 g

76. Κατά την καύση του θείου σχηματίζεται διοξείδιο του θείου. Πόσα mol διοξειδίου του θείου θα παραχθούν, αν προσπαθήσουμε να κάψουμε 3,2 Kg θείου με 1,12 m^3 οξυγόνου μετρημένα σε STP συνθήκες;

50 mol

77. 2,4 g μαγνησίου αντιδρούν πλήρως με αραιό διάλυμα θειικού οξέος. Το αέριο που παράγεται αντιδρά με βρώμιο, οπότε σχηματίζεται νέο αέριο, που διαβιβάζεται σε περίσσεια διαλύματος νιτρικού αργύρου. Να υπολογίσετε τη μάζα του ιζήματος που παράγεται.

37.6 g

78. 10 g ανθρακικού άλατος ενός μετάλλου M με αριθμό οξείδωσης 2+, αντιδρούν πλήρως με διάλυμα υδροχλωρίου. Για την πλήρη εξουδετέρωση του αερίου που παράγεται απαιτείται διάλυμα που περιέχει 11,2 g υδροξειδίου του καλίου. Να βρείτε τη σχετική ατομική μάζα του M.

40

Απαντήσεις στις ασκήσεις πολλαπλής επιλογής και σωστού λάθους

10. γ

11. Σ είναι: 3, 4
Λ είναι: 1, 2

13. β

14. (1-δ), (2-α), (3-β), (4-γ), (5-ε)

15. γ

19. (1-γ), (2-δ), (3-γ)

23. γ

62.

27. (1-β), (2-α), (3-γ), (4-α)

28. Σ είναι: 2, 4
Λ είναι: 1, 3

40. I) δ II) γ

41. ε

42. Σ είναι: η 1
Λ είναι: η 2

61. (1-γ), (2-α)

4. ΣΤΟΙΧΕΙΟΜΕΤΡΙΑ

6. α) Σημαίνει ότι η μάζα του ατόμου του υδραργύρου είναι 200 φορές μεγαλύτερη από το 1/12 της μάζας του ατόμου του άνθρακα-12.
β) Σημαίνει ότι η μάζα του μορίου του φωσφορικού ασβεστίου είναι 310 φορές μεγαλύτερη από το 1/12 της μάζας του ατόμου του άνθρακα

7. Βλέπε θεωρία σελ. 104.

8. 1) ποσότητα, N_A 2)α) σχετική ατομική μάζα β) σχετική μοριακή μάζα.

9. Βλέπε θεωρία σελ. 108.

10. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

11. 1) Είναι λανθασμένη γιατί η σχετική μοριακή μάζα είναι καθαρός αριθμός.
2) Είναι λανθασμένη γιατί αυτό ισχύει μόνο για αέριες ουσίες.
3) Είναι σωστή γιατί η σχετική ατομική μάζα και η σχετική μοριακή μάζα του σιδήρου ταυτίζονται. (Τα μέταλλα σε κατάσταση ατμών είναι μονοατομικά στοιχεία).
4) Είναι σωστή γιατί σε μάζα όση είναι το M_r μιας χημικής ένωσης περιέχεται σταθερός αριθμός μορίων (N_A μόρια).

12. α) M_r=2· 80=160 β) M_r=1· 56=56 γ) M_r=3· 16=48 δ) M_r=4· 31=124 ε) M_r=1· 32+2· 16=64 στ) M_r = 1· 1+ +1· 14 +2· 16=47 ζ) M_r=1· 40+(16+1)· 2=74 η) M_r=2· 56+ +(32+4· 16)· 3=400.

13. Χωρίς υπολογισμούς: οι αριθμοί 6,02· 10^{23} και 0,000032 είναι πολύ μεγάλοι για μάζες μορίων. Άρα η σωστή απάντηση είναι η β.
Με υπολογισμούς: για το CH_4 έχουμε M_r=16.
16 g 6,02· 10^{23} μόρια
m 1 μόριο ή m=2,66· 10^{-23} g.

14. O_2: M_r=2· 16=32 δηλαδή (1-δ) CO_2: M_r=12+2· 16=44 δηλαδή (2-α) N_2: M_r=2· 14=28 δηλαδή (3-β) O_3: M_r=3· 16=48 δηλαδή (4-γ) και H_2S: M_r=1· 2+32=34 δηλαδή (5-ε).

15. Έστω x η ατομικότητα. $M_r = x \cdot A_r$ ή $x = M_r / A_r = 124/31 = 4$.
Άρα η σωστή απάντηση είναι η γ.

16. Χρησιμοποιούμε τον τύπο $n = m/M_r$ με M_r σε g/mol άρα $m = n \cdot M_r$.
α) O_2: $M_r = 2 \cdot 16 = 32$, άρα $m = 10$ mol·32 g/mol = 320 g.
β) CO_2: $M_r = 12 + 2.16 = 44$, άρα $m = 2$ mol . 44 g/mol = 88 g.
γ) H_3PO_4: $M_r = 3.1 + 1.29 + 4.16 = 98$, άρα
$m = 4$ mol . 98 g/mol = 392 g.

17. Αντί του τύπου $n = m/M_r$ μπορούμε σ' αυτές τις μετατροπές να έχουμε κατατάξεις. Δηλαδή:

α) N_2: $M_r = 28$	28 g	1 mol	
	560 g	x	ή x = 20 mol N_2.
β) H_2S: $M_r = 34$	34 g	1 mol	
	68 g	ψ	ή ψ = 2 mol H_2S.
γ) H_2: $M_r = 2$	2 g	1 mol	
	3000 g	ω	ή ω = 1500 mol.

18.

α) 1 mol NH_3	22,4 L (STP)	
3 mol	V_1	ή V_1 = 67,2 L.
β) 1 mol SO_2	22,4 L (STP)	
0,001 mol	V_2	ή V_2=0,0224 L.

19.

1) 1mol	N_A μόρια	
x	$10N_A$ μόρια	ή x =10 mol.
2) 1mol	N_A μόρια	
2,6 mol	ψ	ή ψ = $2,6N_A$ μόρια.
3) 1 mol	22,4 L (STP)	
ω	112 L	ή ω = 5 mol.

20. Αν x είναι η σχετική ατομική μάζα του C, ψ η σχετική ατομική μάζα του H και ω η σχετική ατομική μάζα του N θα έχουμε:
C_2H_4: $M_r = 28$ δηλαδή $\boxed{2x + 4\psi = 28}$ (1)
NH_3: $M_r = 17$ δηλαδή $\boxed{\omega + 3\psi = 17}$ (2)
Από την πρόσθεση των (1) και (2) έχουμε $2x + 7\psi + \omega = 45$ και επειδή η M_r της C_2H_7N είναι $2x + 7\psi + \omega$, θα έχουμε για την ένωση C_2H_7N ότι $M_r = 45$.

21. Τα 8 g O_2 (M_r=32) είναι 8/32 mol=0,25 mol άρα περιέχουν 0,25N_A μόρια. Τόσα είναι και τα μόρια του H_2 που αντιστοιχούν σε 0,25 mol H_2. Για το H_2 σε STP συνθήκες:
1 mol 22,4 L
0,25mol V ή V=5,6 L H_2

22. 1 mol αντιστοιχεί σε M_r g. Δηλαδή
M_r g → 22,4 L
100 g → 44,8 L δηλαδή M_r=50.

23. Υπολογίζουμε τη μάζα και τον όγκο (STP) μιας ορισμένης ποσότητας του οξυγόνου, έστω του 1 mol.
Έτσι έχουμε $m = M_r$ g=32 g και V=22,4 L.
$\rho = m/V$ = 32 g / 22,4 L =1,43 g/L.

24. Όπως και στη προηγούμενη άσκηση ρ=m/V (για 1 mol σε STP συνθήκες) ή 3,48 g/L= = M_r g / 22,4 L ή M_r=68.

25. Όπως και προηγουμένως $\rho = m/V$ ή 3,48 g/L= M_r g /22,4 L
ή M_r= 78. Για το XH_3: $M_r = A_r$+3.1 ή 78 = A_r +3 ή A_r =75

26. Για το SO_2: M_r = 64 δηλαδή n = 3,2/64 mol = 0,05 mol SO_2.
Στο 1 mol SO_2 περιέχονται $2N_A$ άτομα O
0,05 mol x ή x=0,1N_A άτομα.
Τόσα είναι τα άτομα του οξυγόνου και στην ποσότητα του CO_2.
Στο 1 mol CO_2 περιέχονται $2N_A$ άτομα O
ψ 0,1N άτομα
ή ψ=0,05 mol CO_2.
1 mol CO_2 22,4 L (STP)
0,05 mol V ή V=1,12 L.

27. 1) H_2O: M_r=18 Στα 18 g H_2O τα 2 g H
90 g m_1 ή m_1=10 g H.
2) NH_3: M_r=17 Στα 17 g NH_3 14 g N
m_2 42 g ή m_2=51 g NH_3.

3) 1 mol CO_2 22400 mL (STP)
n_1 560 mL ή n_1=0,025 mol CO_2.

Στο 1 mol CO_2 περιέχονται 32 g O
0,025 mol m_3 ή m_3=0,8 g O.
4) H_2S: M_r=34.
1 mol 34 g
n_2 68 g ή n_2=2 mol H_2S.
Στο 1 mol H_2S $2N_A$ άτομα H
2 mol x ή x=$4N_A$ άτομα H.

28. 1) Είναι λανθασμένη, γιατί ίσοι όγκοι αερίων στις ίδιες συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης περιέχουν τον ίδιο αριθμό μορίων.
2) Είναι σωστή, γιατί στο 1 mol NH_3 περιέχονται N_A άτομα N και $3N_A$ άτομα H δηλαδή συνολικά $4N_A$ άτομα.
3) Είναι λανθασμένη, γιατί στο 1 mol περιέχονται $4N_A$ άτομα O, άρα στα 4 mol περιέχονται $16N_A$ άτομα οξυγόνου.
4) Είναι σωστή, γιατί ο αριθμός των mol είναι ανάλογος των αριθμών των μορίων.

29. α) He: A_r=4. N_A άτομα 4 g
1 άτομο x ή x=$4/N_A$ g.
β) Pb: A_r=207. N_A άτομα 207 g
1 άτομο ψ ή ψ=$207/N_A$ g.

30. O_2: M_r=32 → N_A μόρια 32 g
1 μόριο x ή x = $32/N_A$ g.
HCl: M_r=36,5 → N_A μόρια 36,5 g
1 μόριο ψ ή ψ = $36,5/N_A$ g.

31. Ουσία X → n_x mol και n_xN_A μόρια
Ουσία Ψ → n_ψ mol και $n_\psi N_A$ μόρια
άρα αριθμός μορίων X / αριθμός μορίων Ψ = $n_x \cdot N_A / n_\psi \cdot N_A$
= n_x / n_ψ

32. Ισομοριακό μίγμα σημαίνει ίδιος αριθμός μορίων άρα και ίδιος αριθμός mol. Δηλαδή έχουμε n mol A και n mol B.
m_A=3/4 m_B ή $n \cdot M_{r(A)}$=3/4 $n \cdot M_{r(B)}$ ή $M_{r(B)}$=4/3· $M_{r(A)}$ ή $M_{r(B)}$=4/3· 21=28.

33. α) NH_3: M_r=17 δηλαδή για την αμμωνία,
m_1=4 mol· 17g/mol=68 g.
N_2: M_r=28 δηλαδή για το άζωτο,

m_2=2 mol· 28g/mol=56 g.
Άρα το μίγμα ζυγίζει 68 g+ 56 g =124 g.
β) 1 mol NH_3 22,4 L (STP)
4 mol V_1 ή V_1=89,6 L.
1 mol N_2 22,4 L (STP)
2 mol V_2 ή V_2=44,8 L.
Άρα $V_{μιγ}=V_1+V_2$=134,4 L.
ΠΡΟΣΟΧΗ! Επειδή το 1 mol οποιουδήποτε αερίου καταλαμβάνει σε πρότυπες συνθήκες όγκο 22,4 L μπορούμε να πούμε ότι 1 mol μίγματος αερίων καταλαμβάνει όγκο 22,4 L, άρα
1 mol μίγματος 22,4 L (STP)
6 mol $V_{μιγ}$ ή $V_{μιγ}$=134,4 L.

34. Στο 1 mol H_2S $2N_A$ άτομα Η
3 mol x ή x = $6N_A$ άτομα Η.
Στο 1 mol NH_3 $3N_A$ άτομα Η
1,2 mol ψ ή ψ = $3,6N_A$ άτομα Η.
Συνολικά υπάρχουν $9,6N_A$ άτομα Η.
1 mol ατόμων Η δηλαδή N_A άτομα Η ζυγίζουν 1 g
$9,6N_A$ άτομα m
ή m = 9,6 g.

35. Για την αμμωνία M_r=17 και για το υδρόθειο M_r=34.
Έστω x mol NH_3 και ψ mol H_2S. Η μάζα της αμμωνίας είναι 17x g και η μάζα του H_2S είναι 34ψ g. Άρα η πρώτη εξίσωση είναι:

$$\boxed{17x + 34ψ = 6,8} \quad (1)$$

Στο 1 mol NH_3 περιέχονται $3N_A$ άτομα Η
x mol ;=$3N_A$· X άτομα Η.
Στο 1 mol H_2S περιέχονται $2N_A$ άτομα Η
ψ mol ;=$2N_A$· ψ άτομα Η.
Άρα η δεύτερη εξίσωση είναι: $3N_A$· x + $2N_A$· ψ = $0,8N_A$
ή $\boxed{3x + 2ψ = 0,8}$ (2)

Λύνοντας το σύστημα των εξισώσεων βρίσκουμε ότι x=0,2, άρα η μάζα της NH_3 είναι 0,2· 17 g=3,4 g.

36. α) $m_A / m_B = (n\cdot M_A)/(n\cdot M_B) = M_A/M_B$

β) Αφού το μίγμα περιέχει ίσα mol, τα αέρια θα καταλαμβάνουν και ίσους όγκους δηλαδή V_A/V_B=1.

37. CO_2: α mol 44α g 22,4α L α· N_A μόρια
H_2S: M_r=34 β/34 mol β g β/34· 22,4 L β/34· N_A μόρια
NH_3 : M_r=17 γ/22,4 mol 17γ/22,4 g γ L γ/22,4)· N_A μόρια
SO_2: M_r=64 δ/N_A mol (δ/N_A)· 64 g (δ/N_A)· 22,4 L δ μόρια

38. Βλέπε θεωρία σελ. 139.

39. $P_A \cdot V_A = n_A RT_A$ | Διαιρώντας κατά μέλη και αφού
$P_B \cdot V_B = n_B RT_B$ | $P_A = P_B$ και $T_A = T_B$ έχουμε:
$V_A / V_B = n_A / n_B$

40. I) $P \cdot V = nRT$(αρχικά)
$4P \cdot V' = nR\,T$ (τελικά)
Διαιρώντας κατά μέλη έχουμε: $V/V' = 4$ ή $V' = V/4$.

II) $P \cdot V = nRT$ (αρχικά)
$4P \cdot V' = nR\,2T$ (τελικά)
Διαιρώντας κατά μέλη έχουμε: $V/V' = 1/2$ ή $V' = 2V$.

41. Βλέπε απαντήσεις στο τέλος του κεφαλαίου.

42. 1) Σε σταθερό όγκο και σταθερή θερμοκρασία, η πίεση είναι ανάλογη του αριθμού των mol διότι:
$PV = nRT$ ή $P = nRT / V$ και $RT/V = k$ (σταθερό) άρα P=k· n.
Η προσθήκη ποσότητας CO_2 αυξάνει τον αριθμό των mol άρα αυξάνει και την πίεση. Η πρόταση είναι σωστή.
2) $PV = nRT$ ή $V = nRT/P$ και επειδή $nR/P = k$ (σταθερό) έχουμε ότι $V = k \cdot T$ δηλαδή τα μεγέθη V και T είναι ανάλογα. Η πρόταση είναι λανθασμένη.

43. $PV = m/M_r\,RT$ ή
$M_r = mRT/PV = 16\,g \cdot 0{,}082\,L \cdot atm \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1} \cdot (273+32)K/1atm \cdot 5L$
ή $M_r = 80$.

44. Σε θ=27 °C ή T=300 K, από την καταστατική εξίσωση ($PV = nRT$) έχουμε: 3· V=n· R· 300 (1).
Σε θ=127 °C ή T=400 K, από την καταστατική εξίσωση έχουμε $P \cdot V = n \cdot R \cdot 400$ (2).
Διαιρώντας κατά μέλη 3 atm/ P =300 / 400 ή P=4 atm.

45. T=(θ+273) K ή T=330 K. Για το O_2, M_r=32 άρα
n= 64 g / 32 g/mol ή n=2 mol.
Από την καταστατική εξίσωση
$P \cdot 56\,L = 2\,mol \cdot 0{,}082\,L \cdot atm \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1} \cdot 330\,K$

ή P=9,7 atm.

46. T=(θ+273) K ή T=350 K. Από την καταστατική εξίσωση έχουμε 2 atm· 56 L=n· 0,082 L· atm· K^{-1}· mol^{-1}· 350 K ή n=3,9 mol. Άρα η μάζα θα είναι m=3,9 mol· 40 g/mol=156 g.

47. T=(θ+273) K ή T=546 K και τα 0,5N_A μόρια είναι 0,5 mol. Από την καταστατική εξίσωση έχουμε:
P· 2,8 L=0,5 mol· 0,082 L· atm· K^{-1}· mol^{-1}· · 546 K
ή P=8 atm.

48. $V_A=2V_B$
P_A· $V_A=n_A$· R· T_A | Διαιρώντας κατά μέλη έχουμε:
P_B· $V_B=n_B$· R· T_B |
P_A· $2V_B$/ P_B· V_B =0,2 /0,4 ή P_A/ P_B =1/4

49. α) Από την καταστατική εξίσωση έχουμε:
4 atm· 22,4 L=n· 0,082 L· atm· K^{-1}· mol^{-1}· 546 K
ή n=2 mol.
β) Από τον τύπο n=m/M_r έχουμε M_r=m/n=34/2=17.
γ) $M_r=A_{r(x)}+3A_{r(H)}$ ή $17=A_{r(x)}+3$ ή $A_{r(x)}=14$.

50. α) <u>1ος τρόπος</u> (μέσω του V_m): Για 1 mol NH_3 δηλαδή 17 g, ο όγκος είναι 22,4 L. Άρα ρ=m /V = 17 g / 22,4 L =0,76 g/L
<u>2ος τρόπος</u> (μέσω της καταστατικής εξίσωσης): Οι πρότυπες συνθήκες είναι P=1 atm και T=273 K.
$P\cdot V=(m / M_r)RT$ ή $m/V=P\cdot M_r/RT$ ή $\rho=P\cdot M_r/RT$ ή
ρ= (1 atm· 17 g/mol)/ (0,082 L· atm· K^{-1}· mol^{-1}· 273 K) ή
ρ=0,76 g/L.
β) Όπως και προηγουμένως (2ος τρόπος): T=(θ+273) K=1092 K.
ρ= (2 atm· 17 g/mol) (0,082 L· atm· K^{-1}· mol^{-1}· 1092 K) ή
ρ=0,38 g/L.

51. Από τον τύπο της προηγούμενης άσκησης ρ=P· M_r/RT έχουμε ότι:

$$M_r=\frac{\rho\cdot R\cdot T}{P}=\frac{2\ g/L\cdot 0{,}082\ L\cdot atm\cdot K^{-1}\cdot mol^{-1}\cdot 546\ K}{2\ atm}$$

ή M_r=45.

52. CO_2: τα 11 g είναι 11/44 mol=0,25 mol.
H_2S: τα 34 g είναι 34/34 mol=1 mol.

N_2: τα 56 g είναι 56/28 mol=2 mol.
Άρα τα $n_{ολ}$=3,25 mol (μίγματος αερίων).
Η καταστατική εξίσωση ισχύει και για μίγμα αερίων, άρα $P_{\mu} \cdot V = n_{\mu} \cdot RT$
ή P=(3,25 mol· 0,082 L· atm· K^{-1}· mol^{-1}· 546 K)/ 56 L
ή P=2,6 atm.

53. α) Για το οξυγόνο M_r=32 και για το άζωτο M_r=28. Αν x είναι τα mol του O_2 τότε 4x θα είναι τα mol του N_2, και επειδή το μίγμα ζυγίζει 288 g έχουμε ότι:
x· 32+4x· 28=288 ή 144x=288 ή x=2.
Άρα το μίγμα περιέχει 2 mol O_2 και 8 mol N_2.
β) Τα συνολικά mol του μίγματος είναι 10 mol. Εφαρμόζουμε την καταστατική εξίσωση για το μίγμα των αερίων:
T=(θ+273) K=330 K.
20 atm· V=10 mol· 0,082 L· atm· K^{-1}· mol^{-1}· 330 K
ή V=13,53 L.

54. α) (mol διαλυμένης ουσίας), (1 L του διαλύματος).
β) 2 mol διαλυμένης ουσίας σε 1 L ή 1000 mL διαλύματος.
γ) (ποσότητα της διαλυμένης ουσίας).

55. c= n/ V =0,2 mol / 0,4 L =0,5 M.
ή στα 400 mL διαλύματος 0,2 mol KOH
1000 mL x ή x=0,5 mol.
Άρα η μοριακότητα του διαλύματος είναι 0,5 M.

56. Για το HNO_3: M_r=63, άρα n=6,3/63 mol=0,1 mol.
Για το διάλυμα: $c=n / V$ ή $V=n / c$ = 0,1 mol/ (0,2 mol/L) =0,5 L ή V=500 mL.
Για το διάλυμα: $\rho=m_{\Delta}/V$
ή $m_{\Delta}=\rho \cdot V$=1,02 g/mL· 500mL ή m_{Δ}=510 g.

57. Η μάζα του διαλύματος είναι 400 g + 20 g = 420 g.
Για το διάλυμα: $\rho=m_{\Delta} / V$ ή $V=m_{\Delta}/ \rho$ =420 g /(1,04 g/mL) ή V=403,8 mL ή V=0,4038 L.
Για το NaOH: M_r=40, άρα n=20/40 mol=0,5 mol.
$c=n/V$=0,5 mol/0,4038 L ή c=1,24 mol/L=1,24 M.

58. 2% w/v σημαίνει: στα 100 mL διαλύματος 2 g NaOH. Άρα μπορώ να θεωρήσω ότι V=100 mL ή V=0,1 L και n=2/40 mol = 0,05 mol. Άρα $c=n/V$=0,05 mol/0,1 L=0,5 M.

59. 2 M σημαίνει: στα 1000 mL διαλύματος 2 mol H_2SO_4, δηλαδή 2· 98 g καθαρού H_2SO_4 (M_r=98). Άρα μπορούμε να θεωρήσουμε τον όγκο του διαλύματος 1000 mL και την ποσότητα της διαλυμένης ουσίας 196 g.
Για το διάλυμα: $\rho=m_\Delta/V$
ή $m_\Delta=\rho\cdot V$=1,1 g mL^{-1}· 1000 mL=1100 g.
Στα 1100 g διαλύματος 196 g
100 g x ή x=17,8 g
Άρα το διάλυμα είναι περιεκτικότητας 17,8 % w/v.

60. V=200 mL=0,2 L. Για το NaCl: M_r=58,5, άρα τα 5,85 g είναι 5,85/58,5 mol = 0,1 mol.
$C=n/V$=0,1 mol/0,2 L=0,5 M.

61. 1) Αφού στο διάλυμα προσθέτουμε νερό η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή και επειδή ο όγκος αυξάνεται η περιεκτικότητα του διαλύματος μειώνεται. Άρα η σωστή απάντηση είναι η γ) 0,5 M.
2) Αφού από το διάλυμα αφαιρούμε νερό (με βρασμό) η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή και επειδή ο όγκος του διαλύματος μειώνεται η περιεκτικότητα του αυξάνεται. Άρα η σωστή απάντηση είναι η α) 3 M.

62. 8% w/v σημαίνει: στα 100 mL διαλύματος 8 g H_2SO_4
Για το H_2SO_4: M_r=98, άρα n= 40 g/ 98 g/mol ή n=0,408 mol.
Το τελικό διάλυμα έχει όγκο 600 mL και το H_2SO_4 παραμένει 40 g.
Στα 600 mL διαλύματος 40 g H_2SO_4
100 mL x ή x=6,67 g.
Άρα το τελικό διάλυμα είναι περιεκτικότητας 6,67% w/v.
Για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης έχουμε:
$C=n/V$=0,408 mol/0,6 L=0,68 M.

63. Μετά την αφαίρεση του νερού η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας παραμένει σταθερή.
Αρχικό διάλυμα: $C=n/V$
ή $n=c\cdot V$=0,4 mol L^{-1} · 0,04 L = 0,016 mol NaOH.

Τελικό διάλυμα: $V_{τελ}$=40 mL-8 mL=32 mL=0,032 L.
c=0,016 mol/0,032 L =0,5M.

64. Α΄ διάλυμα: Στα 100 mL διάλυμα 10 g NaOH
200 mL m_A
ή m_A = 20 g NaOH.
Β΄ διάλυμα: Στα 100 mL διάλυμα 2 g NaOH
300 mL m_B
ή m_B=6 g NaOH.
Στο τελικό διάλυμα όγκου (200+300) mL=500 mL υπάρχουν (m_A+m_B) g NaOH ή 26 g NaOH.
Άρα στα 500 mL διαλύματος 26 g NaOH
100 mL x ή x = 5,2 g.
Δηλαδή η περιεκτικότητα του διαλύματος είναι 5,2% w/v. Τα 26 g NaOH είναι 26/40 mol=0,65 mol.
Άρα c= n/V =0,65 mol / 0,5 L =1,3 M.

65. Α΄ Διάλυμα: $\rho_Δ$=$m_Δ$ /V ή V=$m_Δ$ / $\rho_Δ$ = 540 g/1,08 g/mL ή V=500 mL.
9,8% w/v σημαίνει:
στα 100 mL διαλύματος 9,8 g καθ. H_2SO_4
στα 500 mL m_1
ή m_1=49 g καθαρού H_2SO_4.
Β΄ Διάλυμα: c=n / V ή n=c· V=2 mol L^{-1} · 4,5 L=9 mol.
Για το H_2SO_4 είναι M_r=98.
1 mol 98 g
9 mol m_2 ή m_2 = 882 g.
Στο τελικό διάλυμα όγκου $V_{τελ}$=0,5L+4,5 L=5 L
υπάρχουν (49+882) g=931 g ή 931/98 mol καθαρού H_2SO_4.
Για το τελικό διάλυμα έχουμε c=n/ V =9,5 mol/ 5 L =1,9 M.

66. Για το Α΄ διάλυμα: x L και συγκέντρωση 0,1 M.
Για το Β΄ διάλυμα: 3 L και συγκέντρωση 0,3 M.
Για το τελικό διάλυμα: (x+3) L και συγκέντρωση 0,15M.
Για το τελικό διάλυμα ισχύει: n_A+n_B=$n_{τελ}$ ή
C_A· V_A+C_B· V_B=$C_{τελ}$· $V_{τελ}$ ή
0,1 M· x+0,3 M· 3 L=0,15 M· (x+3) L.
Λύνοντας την εξίσωση έχουμε: x=9.

67. Α΄ διάλυμα: x L και συγκέντρωσης 2 M.

Β΄ διάλυμα: ψ L και περιεκτικότητας 3,65% w/v. Βρίσκουμε την συγκέντρωση του διαλύματος αυτού:
3,65% w/v →
Στα (100 mL)=0,1 L διαλύματος περιέχονται 3,65 g HCl
στο 1 L m
ή m=36,5 g και αφού για το HCl M_r=36,5 έχουμε 36,5/36,5 mol=1 mol. Άρα η συγκέντρωση του Β΄ διαλύματος είναι 1 M.
Τελικό διάλυμα: (x+ψ) L και συγκέντρωσης 0,15 M.
Στην ανάμιξη των διαλυμάτων ισχύει:
$n_A+n_B=n_{τελ}$ ή
$C_A \cdot V_A+C_B \cdot V_B=C_{τελ} \cdot V_{τελ}$ ή
2 M· x+1 M· ψ=1,4 M· (x+ψ).
Λύνοντας βρίσκουμε ότι x/ψ=2/3.

68. Η ποσότητα του καθαρού KOH παραμένει σταθερή και στα δύο διαλύματα.
<u>Αρχικό διάλυμα</u>: η μάζα του βρίσκεται από τον τύπο $m_Δ=ρ \cdot V$ ή $m_Δ$=1,05 g/mL· 800 mL ή $m_Δ$=840 g.
Στα 100 g διαλύματος 10 g καθαρού KOH
840 g m ή m = 84 g καθαρού KOH.
<u>Τελικό διάλυμα</u>: η ποσότητα της διαλυμένης ουσίας είναι ίδια δηλαδή 84 g και επειδή για το KOH έχουμε M_r=56 θα υπάρχουν 84/56 mol ή 1,5 mol.
$c=n / V$ ή $V=n/ c$= 1,5 mol/ 2 mol/L =0,75 L ή 750 mL.
Ο όγκος του νερού που εξατμίσθηκε:
$V=V_{αρχ} - V_{τελ}$ =800 mL -750 mL =50 mL.

69. 1 mol αερίου (που είναι το CO_2) 22,4 L
n_1 4,48 L ή n_1=0,2 mol.
$CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + H_2CO_3$
ή $CaCO_3 + H_2SO_4 \rightarrow CaSO_4 + CO_2\uparrow + H_2O$
1 mol 1 mol 1 mol
n_2 n_3 0,2 mol
ή n_2=0,2 mol $CaCO_3$ και n_3=0,2 mol $CaSO_4$
Για το $CaSO_4$, M_r=136, άρα τα 0,2 mol είναι 0,2· 136 g=27,2 g.

70. $NaOH + NH_4Cl \rightarrow NaCl + NH_4OH$
ή $NaOH + NH_4Cl \rightarrow NaCl + NH_3\uparrow + H_2O$
1 mol 1mol
0,1 mol x ή x = 0,1 mol.

Από την καταστατική εξίσωση και για
T=(θ+273)K=330 K έχουμε:
$P \cdot V = nRT$
ή $V = nRT/P$ =(0,1 mol· 0,082 L· atm· K^{-1}· mol^{-1}· 330 K)/1,5 atm
ή V=1,8 L.

71. Στα 100 g ορυκτού 88 g καθαρού FeS
20 g m ή m=17,6 g.
Για το FeS με M_r=88 έχουμε 17,6/88 mol ή 0,2 mol FeS.
$FeS + 2HCl \rightarrow FeCl_2 + H_2S$
1 mol 1 mol
0,2 mol n ή n =0,2 mol H_2S
Για το H_2S σε πρότυπες συνθήκες:
V=0,2 mol· 22,4 L/mol=4,48 L.

72. Υπολογίζουμε τα mol του H_2 που παράγονται.
V=984 cm^3=0,984 L. T=(θ+273) K=300 K.
$P \cdot V = nRT$
ή $n = PV/RT$ = (3 atm· 0,984 L) /(0,082 L· atm· K^{-1}· mol^{-1}· 300K) =0,12 mol.
$Zn + 2HCl \rightarrow ZnCl_2 + H_2$
1 mol 1 mol
x 0,12 mol
ή x=0,12 mol Zn και επειδή για τον Zn, A_r=65, η μάζα του ψευδαργύρου είναι m=0,12· 65 g=7,8 g.
Στα 100 g ακάθαρτου Zn 85 g καθαρό
$m_{ακ}$ 7,8 g
ή $m_{ακ}$=9,18 g.

73. Για το Na_2CO_3 με M_r=106 έχουμε:
n_1=21,2/ 106= 0,2 mol.
$Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + H_2CO_3$
ή $Na_2CO_3 + 2HCl \rightarrow 2NaCl + CO_2\uparrow + H_2O$
1 mol 2 mol
0,2 mol n_2 ή n_2=0,4 mol.
Για το διάλυμα του HCl, $C = n/V$ ή V=n/ C =0,4 mol/2 mol/L =0,2 L.

74. Για το HCl $n = C \cdot V$=0,05 mol/L· 3 L=0,15 mol HCl
$Al(OH)_3 + 3HCl \rightarrow AlCl_3 + 3H_2O$

1 mol 3 mol
n 0,15 mol
ή n=0,05 mol $Al(OH)_3$.
Για το $Al(OH)_3$ με M_r=78 έχουμε m=0,05· 78 g=3,9 g.

75. Για το υδρογόνο $n_1=V/V_m$ = 44,8 L/ 22,4 L/mol = 2 mol H_2.
Για το Cl_2 με M_r=71 έχουμε n_2=150/71 mol=2,11 mol.
Με τη στοιχειομετρία της χημικής αντίδρασης εξετάζουμε ποια από τις δύο ουσίες βρίσκεται σε περίσσεια. Επειδή η αναλογία mol των αντιδρώντων είναι 1:1 το Cl_2 βρίσκεται σε περίσσεια. Άρα αντιδρά όλο το H_2 και ο υπολογισμός γίνεται με αυτό.
$H_2 + Cl_2 \rightarrow 2HCl$
1 mol 2 mol
2 mol n_3 ή n_3=4 mol HCl
Για το HCl με M_r=36,5 έχουμε m=4· 36,5 g=146 g.

76. Για το S με A_r=32 έχουμε, n=3200/32 mol =100 mol.
Για το O_2 V=1,12 m^3=1120 L ή 1120/22,4 mol=50 mol.
Ελέγχουμε την περίσσεια: $S + O_2 \rightarrow SO_2$
1 mol 1 mol
x 50 mol
ή x =50 mol S. Διαθέτουμε 100 mol S, άρα το S βρίσκεται σε περίσσεια και ο υπολογισμός του SO_2 θα γίνει με το οξυγόνο.
$S + O_2 \rightarrow SO_2$
1 mol 1 mol
50 mol ψ ή ψ=50 mol SO_2.

77. Για το Mg με A_r=24 έχουμε n=2,4/24 mol=0,1 mol.
$Mg + H_2SO_4 \rightarrow MgSO_4 + H_2$
1 mol 1 mol
0,1 mol x ή x=0,1 mol.
$H_2 + Br_2 \rightarrow 2HBr$
1 mol 2 mol
0,1 mol ψ ή ψ=0,2 mol HBr.
$HBr + AgNO_3 \rightarrow HNO_3 + AgBr\downarrow$
1 mol 1 mol
0,2 mol ω ή ω=0,2 mol AgBr.
Για το AgBr με M_r=188, έχουμε m=0,2· 188 g=37,6 g.

78. Το ανθρακικό άλας έχει μοριακό τύπο MCO_3.

$MCO_3 + 2HCl \rightarrow MCl_2 + CO_2\uparrow + H_2O$

1 mol 1 mol

x mol ;=x mol

$CO_2 + 2KOH \rightarrow K_2CO_3 + H_2O$

1 mol 2 mol

x mol ;=2x mol. Για το KOH με M_r=56 έχουμε $n=m/M_r$ ή 2x=11,2/56 ή x=11,2/112 ή x=0,1 mol.

Άρα έχουμε ... 0,1 mol MCO_3.

Επειδή η μάζα του ανθρακικού άλατος είναι 10 g και με τον τύπο $n=m/M_r$ ή $M_r=m/n$=10/0,1=100.

MCO_3: M_r=100 άρα A_r+12+48=100 ή

A_r=100-60 ή A_r=40.

5

ΘΕΡΜΟΧΗΜΕΙΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

5.1 Μεταβολή ενέργειας κατά τις χημικές αντιδράσεις - Ενδόθερμες, εξώθερμες αντιδράσεις - Θερμότητα αντίδρασης - Ενθαλπία

5.2 Θερμοδομετρία - Νόμοι θερμοχημείας

Ερωτήσεις - προβλήματα

ΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Στο τέλος της διδακτικής αυτής ενότητας θα πρέπει να μπορείς:

- Να αναφέρεις το αντικείμενο μελέτης της θερμοχημείας.
- Να ορίζεις τι είναι ενθαλπία αντίδρασης (ΔH) και να εξηγείς τους παράγοντες που την επηρεάζουν.
- Να ταξινομείς τις αντιδράσεις σε εξώθερμες και ενδόθερμες με κριτήριο την ενθαλπία αντίδρασης.
- Να καθορίζεις ποια είναι η πρότυπη κατάσταση στη θερμοχημεία.
- Να ορίζεις τι είναι πρότυπη ενθαλπία καύσης (ΔH^o_c), σχηματισμού (ΔH^o_f), εξουδετέρωσης (ΔH^o_n), δεσμού (ΔH^o_B) και διάλυσης (ΔH^o_{sol}).
- Να συνδέεις την τιμή της ενθαλπία αντίδρασης με τις τιμές της ενθαλπίας σχηματισμού των αντιδρώντων και προϊόντων, καθώς και με τις τιμές της ενθαλπίας των δεσμών που σχηματίζονται και διασπώνται κατά την αντίδραση.
- Να περιγράφεις τον τρόπο λειτουργίας του θερμιδόμετρου, επικαλούμενος την εξίσωση της θερμιδομετρίας.
- Να διατυπώνεις τους νόμους της θερμοχημείας (Lavoisier, Hess) και να επιλύεις προβλήματα που στηρίζονται στους νόμους αυτούς.

**Η φωτιά είναι πολύ καλός υπηρέτης,
μα πολύ κακός αφέντης.**

(Κινέζικη παροιμία)

5 ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ

Εισαγωγή

Η ενέργεια είναι ζωή. Η τροφή που καταναλώνουμε μας προμηθεύει την ενέργεια για να διατηρηθούμε στη ζωή και για να πραγματοποιούμε τις δραστηριότητές μας. Η καύση του άνθρακα, του πετρελαίου και του φυσικού αερίου είναι η βάση της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στους θερμοηλεκτρικούς σταθμούς. Η καύση της βενζίνης κινεί τα εκατομμύρια των αυτοκινήτων, ενώ η ηλιακή ενέργεια και οι άλλες ανανεώσιμες πηγές ενέργειας βρίσκονται στο επίκεντρο της επιστημονικής έρευνας.

Κάθε φαινόμενο σχεδόν, συνοδεύεται από μεταβολή μορφών ενέργειας και από μεταφορά ποσοτήτων ενέργειας από ένα *σύστημα* σε άλλο. Επειδή δε η συνολική ενέργεια ούτε καταστρέφεται, ούτε δημιουργείται, είναι ανάγκη να μάθουμε να «τηρούμε τα λογιστικά» σε τέτοιες ενεργειακές μεταβολές. Είναι δε βασικό να καταλάβουμε ότι τα ποσά ενέργειας αυτά προέρχονται από τις *ενέργειες δεσμών* των ουσιών που παίρνουν μέρος στην αντίδραση. Μην ξεχνάμε, ότι στις χημικές μεταβολές (αντιδράσεις) τα άτομα διατηρούνται σταθερά σε ποσότητα, (νόμος Lavoisier), καθώς ανακατανέμονται. Οι αρχικοί δεσμοί, λοιπόν, -των αντιδρώντων- «σπάζουν» και δημιουργούνται νέοι, αυτοί των προϊόντων. Όμως, για να σπάσει ένας δεσμός πρέπει να καταναλωθεί ενέργεια, ενώ όταν δημιουργείται ένας δεσμός αποδίδεται, εκλύεται ενέργεια. Απ' αυτό το «πάρε-δώσε» ενέργειας θα κριθεί τελικά, αν εκλύεται ή απορροφάται ενέργεια ως θερμότητα, κατά την αντίδραση.

Προσέξτε όμως την «πονηριά» του συμβολισμού και πιο συγκεκριμένα του πρόσημου. Αν εκλύεται θερμότητα (προς τα *εμάς)*, έχουμε ***+Q*** και οι αντιδράσεις χαρακτηρίζονται ***εξώθερμες***. Αν όμως «εμείς» δίνουμε θερμότητα στο σύστημα, τότε συμβολίζουμε ***-Q*** και οι αντιδράσεις χαρακτηρίζονται ***ενδόθερμες***. Με βάση το χημικό σύστημα (και όχι τον εαυτό μας) τα πρόσημα πάνε ανάποδα.

Η ***θερμοχημεία*** μελετά τις ενεργειακές μεταβολές που συνοδεύουν μια χημική αντίδραση, δηλαδή, τα ποσά θερμότητας που τελικά εκλύονται ή απορροφώνται. Μελετά τους παράγοντες που τα επηρεάζουν, καθώς και τους γενικότερους νόμους που διέπουν τις εναλλαγές αυτές. Αποτελεί το προοίμιο της *Θερμοδυναμικής* και «τροφοδοτεί με kcal» τη διαιτητική και τροφολογία.

5.1
Μεταβολή ενέργειας κατά τις χημικές μεταβολές
Ενδόθερμες - εξώθερμες αντιδράσεις
Θερμότητα αντίδρασης - ενθαλπία

Κάθε ουσία, εκτός από άτομα μόρια ή ιόντα, «κουβαλά» ενέργεια, τη χημική ενέργεια. Η χημική ενέργεια οφείλεται στις δυνάμεις του δεσμού (που συγκρατούν τα άτομα στο μόριο), στις έλξεις των μορίων και των υποατομικών σωματιδίων, στην κίνηση των ατόμων, μορίων και ηλεκτρονίων κλπ. Είναι, δηλαδή, συνδυασμός κινητικής και δυναμικής ενέργειας. Η χημική ενέργεια είναι μια «κρυμμένη» μορφή ενέργειας και μέρος αυτής μπορεί να αποδοθεί άλλοτε εύκολα (π.χ. στη βενζίνη με ένα σπινθήρα) και άλλοτε δύσκολα (π.χ. στα πυρηνικά καύσιμα) στο περιβάλλον.

Κατά τις χημικές αντιδράσεις, κατά τις μετατροπές δηλαδή χημικών ουσιών σε άλλες, μεταβάλλεται η χημική ενέργεια του συστήματος. Αποτέλεσμα είναι να ελευθερώνεται (στο περιβάλλον) ή να απορροφάται (από το περιβάλλον), ενέργεια ίση με τη διαφορά των χημικών ενεργειών των αρχικών και τελικών ουσιών. Αυτό ισχύει, γιατί στις χημικές αντιδράσεις δε διατηρείται μόνο η μάζα (νόμος Lavoisier), αλλά και η ενέργεια (νόμος διατηρήσεως της ενέργειας).

Η ενέργεια που εκλύεται ή απορροφάται σε μια χημική αντίδραση μπορεί να πάρει διάφορες μορφές, όπως π.χ. θερμική ενέργεια (θερμότητα), ηλεκτρική ενέργεια (ηλεκτρισμός), φωτεινή ενέργεια (φως). Τις μετατροπές της χημικής ενέργειας σε ηλεκτρική (και αντίστροφα) εξετάζει ο κλάδος της χημείας που ονομάζεται ***ηλεκτροχημεία***, ενώ τις μετατροπές της χημικής σε φωτεινή ενέργεια (και αντίστροφα) εξετάζει η ***φωτοχημεία***. Τέλος , η ***θερμοχημεία*** μελετά τις μετατροπές της χημικής σε θερμική ενέργεια (και αντίστροφα), οι οποίες είναι και οι πιο συνηθισμένες.

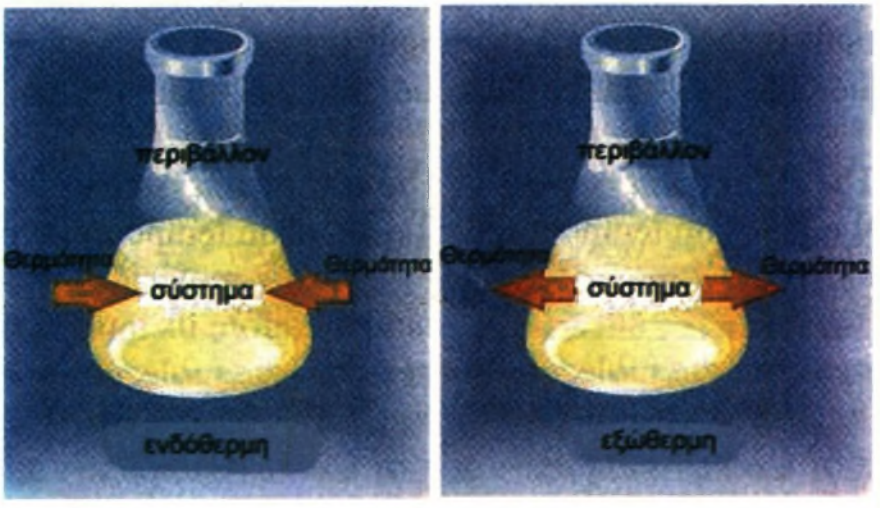
Η ***χημική θερμοδυναμική*** είναι ο κλάδος της χημείας που μελετά όλες αυτές τις ενεργειακές μετατροπές που συνοδεύουν μια χημική μεταβολή (αντίδραση). Θίγει, μεταξύ άλλων, τις ενεργειακές προϋποθέσεις που πρέπει να υπάρχουν, ώστε να πραγματοποιηθεί αυθόρμητα μια χημική αντίδραση. Η Θερμοχημεία, που εξετάζεται στο παρόν κεφάλαιο, αποτελεί κλάδο της θερμοδυναμικής και όπως αναφέραμε επικεντρώνεται στις θερμικές μεταβολές που συνοδεύουν τις χημικές αντιδράσεις.

➢ *Οι αντιδράσεις που ελευθερώνουν ενέργεια υπό μορφή θερμότητας στο περιβάλλον ονομάζονται εξώθερμες, ενώ οι αντιδράσεις που απορροφούν ενέργεια υπό μορφή θερμότητας από το περιβάλλον ονομάζονται ενδόθερμες.*

Σύστημα είναι ο χώρος που γίνεται η αντίδραση. Οτιδήποτε άλλο εκτός αυτού ονομάζεται **περιβάλλον**.

• **Θερμότητα** είναι η ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σύστημα σ' ένα άλλο λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Η θερμότητα μετριέται σε μονάδες ενέργειας, όπως είναι :
1 kJ = 10^3 J
1 kcal =10^3 cal
1 kcal = 4,184 kJ

• **Θερμοκρασία** είναι το μέτρο κίνησης των δομικών μονάδων της ύλης π.χ. των μορίων.

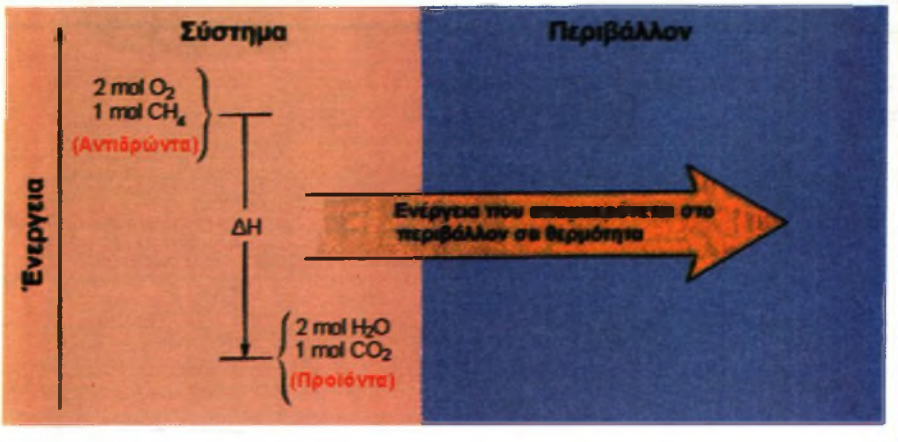


ΣΧΗΜΑ 5.1 Οι εξώθερμες αντιδράσεις ελευθερώνουν θερμότητα, ενώ οι ενδόθερμες απορροφούν.

Η καύση των υδρογονανθράκων αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα εξώθερμης αντίδρασης. Έτσι, κατά την καύση 1 mol μεθανίου (CH_4), ελευθερώνεται ποσό θερμότητας ίσο με 890 kJ. Η αντίδραση αυτή μπορεί να εκφραστεί με την παρακάτω ***θερμοχημική εξίσωση*** :

$$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) + 890\ kJ$$

Κατά την καύση του μεθανίου ελευθερώνεται ενέργεια υπό μορφή θερμότητας, επειδή τα αντιδρώντα έχουν μεγαλύτερο ενεργειακό περιεχόμενο από τα προϊόντα, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



ΣΧΗΜΑ 5.2 Η καύση του μεθανίου είναι εξώθερμη αντίδραση.

Το ποσό της θερμότητας που ελευθερώνεται είναι η διαφορά του ενεργειακού περιεχομένου μεταξύ των αντιδρώντων (1 mol $CH_4(g)$ και 2 mol $O_2(g)$) και των προϊόντων (1 mol $CO_2(g)$ και 2 mol $H_2O(l)$). Για να ξεκινήσει βέβαια η καύση απαιτείται ένα ελάχιστο ποσό ενέργειας.

Αυτό που μας ενδιαφέρει και μετράμε κατά τις χημικές αντιδράσεις, είναι η μεταβολή της ενέργειας και όχι οι ενέργειες αντιδρώντων και προϊόντων. Αυτή η μεταβολή ενέργειας κατά τη χημική αντίδραση είναι γνωστή ως ***μεταβολή της ενθαλπίας*** και συμβολίζεται με **ΔΗ.**

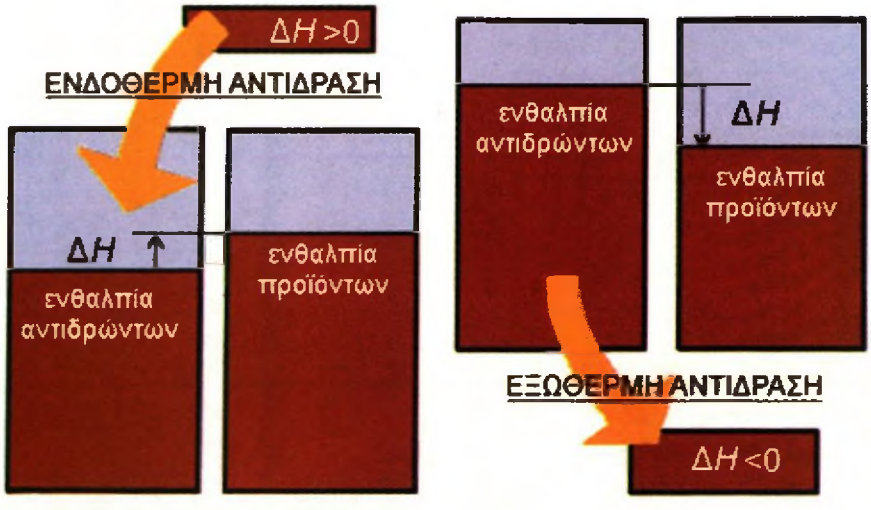
Η μεταβολή της ενθαλπίας ΔH ισούται με το απορροφούμενο ή εκλυόμενο ποσό θερμότητας q, εφόσον η αντίδραση πραγματοποιείται υπό σταθερή πίεση.

Σε μια ενδόθερμη αντίδραση:

Η μεταβολή της ενθαλπίας $\Delta H = H_{τελ} - H_{αρχ} > 0$ γιατί $H_{τελ} > H_{αρχ}$

Σε μια εξώθερμη αντίδραση:

Η μεταβολή της ενθαλπίας $\Delta H = H_{τελ} - H_{αρχ} < 0$ γιατί $H_{αρχ} > H_{τελ}$



ΣΧΗΜΑ 5.3 Η ενθαλπία είναι σαν ένα «ντεπόζιτο» που περιέχει την ενέργεια του αντιδρώντος συστήματος. Το «ντεπόζιτο» αυτό γεμίζει στις ενδόθερμες αντιδράσεις και αδειάζει στις εξώθερμες.

Ενθαλπία αντίδρασης - ΔH

Για μια αντίδραση της γενικής μορφής $\alpha A + \beta B \rightarrow \gamma \Gamma + \delta \Delta$,

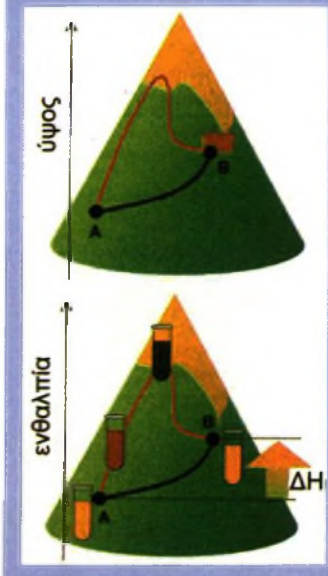
η μεταβολή της ενθαλπίας ΔH είναι η διαφορά

$H_{προϊόντων} - H_{αντιδρώντων} = \Delta H$

όπου, $H_{προϊόντων}$ είναι η ενθαλπία των γ mol Γ και δ mol Δ και

$H_{αντιδρώντων}$ είναι η ενθαλπία των α mol A και β mol B.

Ενθαλπία - Η
Η ενθαλπία είναι μία καταστατική ιδιότητα. Καταστατική ιδιότητα ενός συστήματος είναι το μέγεθος εκείνο που εξαρτάται από την ποσότητα και τις συνθήκες στις οποίες βρίσκεται το σύστημα και όχι από τον τρόπο με τον οποίο το σύστημα έφτασε στην κατάσταση αυτή.
π.χ. 2 mol CO_2 σε P = 1atm και θ = 25 °C έχουν την ίδια ενθαλπία είτε η ποσότητα αυτή σχηματίστηκε από την καύση CH_4 είτε από τη διάσπαση $CaCO_3$.



Το γεωγραφικό ύψος, όπως και η ενθαλπία, είναι καταστατικές ιδιότητες. Η τιμή που τελικά παίρνουν σε μια θέση δε «κοιτάζει» τη διαδρομή που ακολουθεί το σύστημα για να φτάσει στη θέση αυτή.

• Να προσέξουμε ότι η ενθαλπία δεν είναι θερμότητα. Ένα σώμα έχει ενθαλπία, αλλά όχι θερμότητα. Θερμότητα δίνει ή παίρνει ένα σώμα με αποτέλεσμα να αλλάζει η ενθαλπία του.

Η μεταβολή της ενθαλπίας μιας αντίδρασης εξαρτάται:

1. Από τη φύση των αντιδρώντων

Για παράδειγμα η θερμότητα καύσης του γραφίτη είναι διαφορετική απ' αυτή του διαμαντιού,

$C_{(γραφίτης)} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H = -393{,}5$ kJ

$C_{(αδάμας)} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H = -395{,}4$ kJ

2. Από τη φυσική κατάσταση των αντιδρώντων και προϊόντων

Για το λόγο αυτό έχουμε:

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) \quad \Delta H = -890$ kJ

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g) \quad \Delta H = -802$ kJ

3. Από τις συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας, κάτω από τις οποίες λαμβάνει χώρα η αντίδραση.

Ενθαλπία αντίδρασης ορίζεται η μεταβολή ενθαλπίας ΔH μεταξύ των αντιδρώντων και προϊόντων, για δεδομένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Δηλαδή, $\Delta H = H_{προϊόντων} - H_{αντιδρώντων}$

Η ενθαλπία μιας αντίδρασης αναφέρεται στην αντίδραση, όπως αυτή αναγράφεται στη χημική εξίσωση.

π.χ. για την αντίδραση

$CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l) \quad \Delta H = -890$ kJ

προκύπτει ότι ποσότητα αντιδρώντων ίση με 1 mol $CH_4(g)$ και 2 mol $O_2(g)$ έχει ενθαλπία κατά 890 kJ μεγαλύτερη από ποσότητα προϊόντων ίση με 1 mol $CO_2(g)$ και 2 mol $H_2O(l)$.

Αντίστοιχα έχουμε:

$2CH_4(g) + 4O_2(g) \rightarrow 2CO_2(g) + 4H_2O(l) \quad \Delta H = -1780$ kJ.

Πρότυπη ενθαλπία αντίδρασης, ΔH^{o}

Η μεταβολή της ενθαλπίας σε μια χημική αντίδραση, προφανώς εξαρτάται από τις συνθήκες που βρίσκονται τόσο τα αντιδρώντα όσο και τα προϊόντα. Για συγκριτικούς λοιπόν λόγους θα πρέπει οι μεταβολές ενθαλπίας να ανάγονται στις ίδιες συνθήκες. Με διεθνή σύμβαση έχει καθοριστεί οι μεταβολές αυτές να αναφέρονται σε αντιδρώντα και σε προϊόντα που βρίσκονται στην πρότυπη τους κατάσταση.

• Γενικά μεταβολή μεγέθους ΔΧ ορίζεται: $\Delta X = X_{τελ} - X_{αρχ}$

Η πρότυπη κατάσταση μιας ουσίας (στοιχείου ή ένωσης) είναι η πιο σταθερή μορφή της σε

- θερμοκρασία 25 °C και
- πίεση 1 atm

και για διαλύματα η

- συγκέντρωση c = 1 M

➢ *Σε πρότυπη κατάσταση, η αντίστοιχη μεταβολή της ενθαλπίας λέγεται πρότυπη μεταβολή ενθαλπίας ή πρότυπη ενθαλπία και συμβολίζεται με ΔH^o.*

Παρακάτω ορίζονται οι μεταβολές της ενθαλπίας για ορισμένες χαρακτηριστικές περιπτώσεις.

Πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού, ΔH^o_f

➢ *Πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού μιας ένωσης, ΔH^o_f, είναι η μεταβολή της ενθαλπίας κατά το σχηματισμό 1 mol της ένωσης από τα συστατικά της στοιχεία της, σε πρότυπη κατάσταση.*

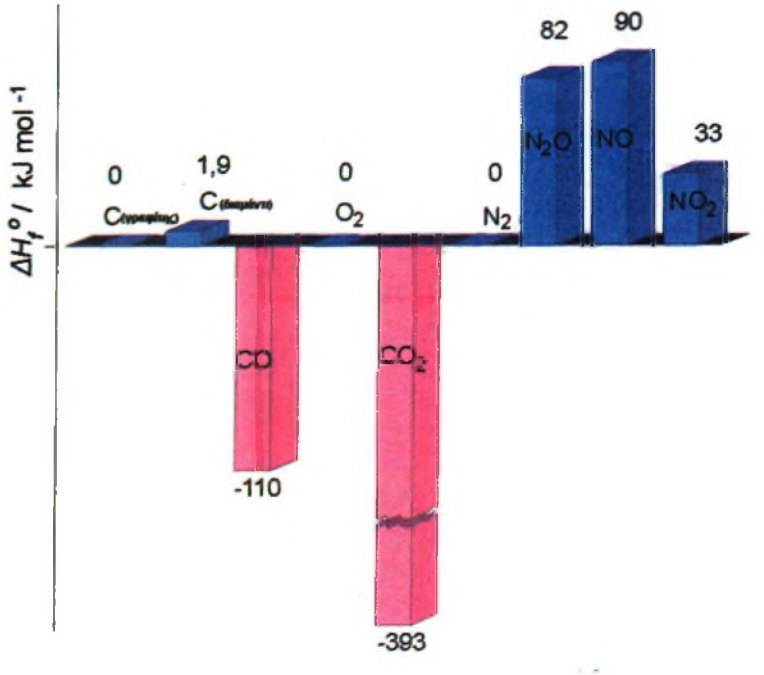
Π.χ. $C_{(γραφίτης)} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g) \quad \Delta H^o_f = -393{,}5$ kJ

Η ΔH^o_f των στοιχείων στην πιο σταθερή μορφή τους θεωρείται μηδέν π.χ. $\Delta H^o_{f\,(γραφίτης)} = 0$, ενώ $\Delta H^o_{f\,(διαμαντιού)} \neq 0$. Επίσης η τιμή της ΔH^o μιας αντίδρασης μπορεί να υπολογιστεί με βάση τις πρότυπες ενθαλπίες σχηματισμού των ενώσεων που μετέχουν στην αντίδραση:

$$\Delta H^o = \Sigma\Delta H^o_{f\,(προϊόντων)} - \Sigma\Delta H^o_{f\,(αντιδρώντων)}$$

Π.χ. για την αντίδραση $2NH_3(g) + 3Cl_2(g) \rightarrow N_2(g) + 6HCl(g)$ ισχύει

$\Delta H^o = 6\Delta H^o_{f\,HCl} - 2\Delta H^o_{f\,NH3}$



ΣΧΗΜΑ 5.4
Πρότυπες ενθαλπίες σχηματισμού οξειδίων του άνθρακα και αζώτου. Οι τιμές ΔH^o_f των οξειδίων του αζώτου είναι θετικές, πράγμα που σημαίνει ότι η αντίδραση σχηματισμού τους από τα συστατικά τους στοιχεία είναι ενδόθερη αντίδραση. Αντίθετα, οι τιμές ΔH^o_f των οξειδίων του άνθρακα είναι αρνητικές, που σημαίνει ότι η αντίδραση σχηματισμού τους από τα συστατικά τους στοιχεία είναι εξώθερμη αντίδραση. Γενικά, όσο πιο μικρή είναι η τιμή ΔH^o_f, τόσο πιο σταθερή θεωρείται η ένωση (σε σχέση με τα στοιχεία της).

Πρότυπη ενθαλπία καύσης, ΔH^0_c

➢ *Πρότυπη ενθαλπία καύσης μιας ουσίας, ΔH^o_c, είναι η μεταβολή της ενθαλπίας κατά την πλήρη καύση 1 mol της ουσίας, σε πρότυπη κατάσταση.*

Π.χ. όταν λέμε ότι η ενθαλπία καύσης του C_3H_8 είναι -2220 kJ mol^{-1}, εννοούμε ότι:

$C_3H_8(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$ $\Delta H^oc = -2220$ kJ

Να σημειωθεί ότι κατά την καύση έχουμε πάντα έκλυση θερμότητα θερμότητας, δηλαδή $\Delta H^o_c < 0$.

Παράδειγμα 5.1

Κατά την πλήρη καύση 4 g CH_4 ελευθερώνεται θερμότητα 222,5 kJ. Ποια είναι η τιμή της ΔH^o_c της αντίδρασης;

$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2\,H_2O$.

ΛΥΣΗ

1mol CH_4 ζυγίζει 16 g όποτε έχουμε:

$$\frac{4g\ CH_4}{16g\ CH_4} = \frac{\text{ελευθερώνουν } 222{,}5\ kJ}{\chi} \quad \text{ή} \quad \chi = 890\ kJ$$

Επομένως η ΔH^o_c της αντίδρασης είναι -890 kJ.

Εφαρμογή

Καίγονται 22g προπανίου οπότε ελευθερώνονται 110 kcal. Ποια είναι η τιμή της $\Delta H^o c$ της καύσης του προπανίου;

(-220 kcal mol^{-1})

Πρότυπη ενθαλπία εξουδετέρωσης, ΔH^o_n

➢ *Πρότυπη ενθαλπία εξουδετέρωσης, ΔH^o_n, είναι η μεταβολή της ενθαλπίας κατά την πλήρη εξουδετέρωση (σε αραιό υδατικό διάλυμα) 1 mol H^+ ενός οξέος με μια βάση ή 1 mol OH^- μιας βάσης με ένα οξύ, σε πρότυπη κατάσταση.*

Να σημειωθεί ότι η ΔH^o_n παίρνει πάντα αρνητική τιμές. Άρα, η αντίδραση εξουδετέρωσης είναι εξώθερμη αντίδραση.

Επίσης κατά την εξουδετέρωση ισχυρού οξέος με ισχυρή βάση η τιμή της ΔH_n^o είναι περίπου σταθερή, ανεξάρτητα από το είδος του οξέος ή της βάσης που χρησιμοποιούμε. Δηλαδή,

$HCl(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$ $\Delta H^o_n = -57{,}1$ kJ

$HNO_3(aq) + KOH(aq) \rightarrow KNO_3(aq) + H_2O(l)$ $\Delta H^o_n = -57{,}1$ kJ

Αυτό συμβαίνει γιατί τα ισχυρά οξέα και οι ισχυρές βάσεις διίστανται (ή ιοντίζονται) πλήρως σε ιόντα και η μόνη αντίδραση που γίνεται κατά την εξουδετέρωση είναι:

$H^+(aq) + OH^-(aq) \rightarrow H_2O(l) \quad \Delta H^o_n = -57{,}1$ kJ

Κατά την εξουδετέρωση όμως ασθενούς οξέος από ισχυρή βάση ή αντίστροφα μέρος της εκλυόμενης ενέργειας δαπανάται για τη διάσταση (ή ιοντισμό) του ασθενούς ηλεκτρολύτη.

Π.χ. $HCN(aq) + NaOH(aq) \rightarrow NaCN(aq) + H_2O(l) \quad \Delta H^o_n = -10{,}6$ kJ

• Θυμηθείτε από την ύλη της Α΄ λυκείου τη θεωρία ηλεκτρολυτικής διάστασης του Arrhenius

Παράδειγμα 5.2

Πόση θερμότητα ελευθερώνεται αν εξουδετερωθούν 10 L διαλύματος HCl 0,01 M από διάλυμα NaOH 0,02 M και ποιος ο τελικός όγκος του διαλύματος; Δίνεται ότι η θερμότητα εξουδετέρωσης του HCl με NaOH είναι ίση με: $\Delta H^o_n = -57{,}1$ KJ mol^{-1}

ΛΥΣΗ

Υπολογίζουμε κατ' αρχάς την ποσότητα του HCl που εξουδετερώνεται:

$$\frac{1 \text{ L διαλύματος HCl περιέχει}}{10 \text{ L}} = \frac{0{,}01 \text{ mol HCl}}{y} \quad \text{ή} \quad y = 0{,}1 \text{ mol}$$

Δίνεται η θερμότητα εξουδετέρωσης οπότε μπορούμε να γράψουμε:

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O \qquad \Delta H = -57{,}1 \text{ kJ}$$

Σύμφωνα με τη στοιχειομετρία της αντίδρασης έχουμε:

1 mol HCl αντιδρά με 1 mol NaOH και ελευθερώνονται 57,1 kJ

0,1 mol $\quad$ y = 0,1 mol και ελευθερώνονται ω = 5,71 kJ

Δηλαδή, ελευθερώνονται 5,71 kJ και αντιδρούν 0,1mol NaOH.

Το διάλυμα NaOH είναι 0,02 M οπότε έχουμε:

1 L $\quad$ διαλύματος περιέχει $\quad$ 0,02 mol

z = 5 L $\quad$ 0,1 mol

Το τελικό δηλαδή διάλυμα θα έχει όγκο (10 + 5) L = 15 L, θεωρώντας ότι κατά την ανάμιξη των δύο διαλυμάτων δεν έχουμε μεταβολή του συνολικού όγκου.

Εφαρμογή

Πόσα λίτρα διαλύματος HNO_3 0,04 M χρειάζονται για να εξουδετερώσουν πλήρως 5 L διαλύματος NaOH 0,01 M και πόση θερμότητα θα ελευθερωθεί; Δίνεται ότι η θερμότητα εξουδετέρωσης του HNO_3 με NaOH είναι ίση με $\Delta H^o_n = -57{,}1$ KJ mol^{-1}

(1,25 L, 2,855 kJ)

Πρότυπη ενθαλπία διάλυσης, ΔH^{o}_{sol}

➢ *Πρότυπη ενθαλπία διάλυσης μιας ουσίας σε διαλύτη Χ είναι η μεταβολή της ενθαλπίας, ΔΗ, κατά την διάλυση 1mol ουσίας σε πολύ μεγάλο όγκο του διαλύτη Χ.*

π.χ. $NaCl(s) \rightarrow Na^{+}(aq) + Cl^{-}(aq)$ $\Delta H^{o}_{sol} = +4$ kJ

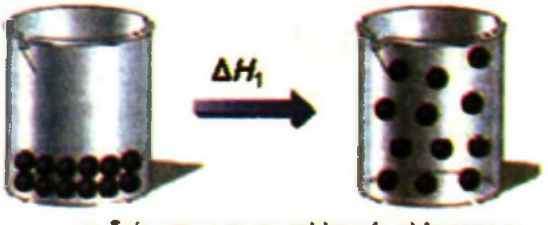
Γενικότερα, η διάλυση μιας ουσίας σε ένα διαλύτη περιλαμβάνει τα εξής βήματα, όπως διαγραμματικά απεικονίζεται στην περίπτωση μιας ετεροπολικής (ιοντικής) ένωσης:

α. Τη διάσπαση των δεσμών μεταξύ των δομικών μονάδων της ύλης της διαλυμένης ουσίας, π.χ. διάσταση του κρυσταλλικού πλέγματος NaCl. Το στάδιο αυτό από ενεργειακής άποψης είναι ενδόθερμο.

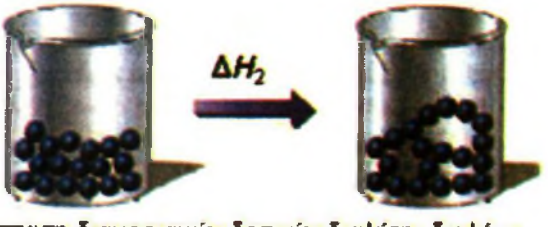
β. Τη διάσπαση των διαμοριακών δεσμών διαλύτη - διαλύτη π.χ. διάσπαση των δεσμών υδρογόνου στο νερό. Το στάδιο αυτό είναι ενδόθερμο.

γ. Το σχηματισμό δεσμών μεταξύ διαλυμένης ουσίας και διαλύτη π.χ. δεσμός ιόντων - μορίων νερού (εφυδάτωση ιόντων). Το στάδιο αυτό είναι εξώθερμο.

Αν η ενέργεια που ελευθερώνεται κατά το τελευταίο στάδιο έχει μεγαλύτερη τιμή από το άθροισμα των δύο προηγουμένων, τότε η διάλυση της ουσίας είναι εξώθερμη, δηλαδή $\Delta H^{o}_{sol} < 0$. Σε αντίθετη περίπτωση η διάλυση είναι ενδόθερμη, δηλαδή $\Delta H^{o}_{sol} > 0$.



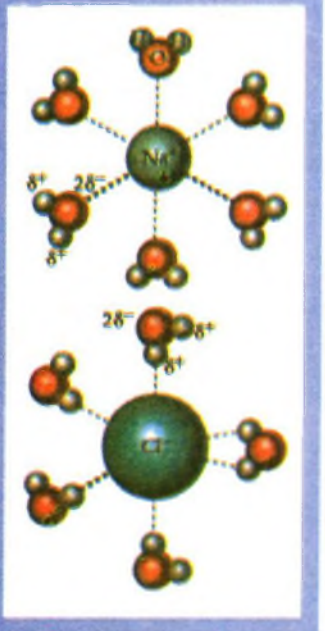
α. διάσταση κρυσταλλικού πλέγματος



β. διάσπαση διαμοριακών δεσμών διαλύτη- διαλύτη

γ. σχηματισμός δεσμών ιόντων - μορίων διαλύτη (επιδιαλύτωση)

• Αν διαλύσουμε 1 mol ουσίας σε 1 L διαλύτη θα παρατηρηθεί διαφορετική τιμή ΔΗ από αυτή που προκύπτει κατά τη διάλυση 1 mol ουσίας σε 2 L διαλύτη. Γι' αυτό και ο ορισμός της ΔH^{o}_{sol} βασίζεται στη διάλυση της ουσίας σε μεγάλη περίσσεια διαλύτη, ώστε η παραπέρα προσθήκη διαλυτικού μέσου να μην προκαλεί καμιά θερμική μεταβολή στο σύστημα.



Εφυδάτωση ιόντων Na^{+} και Cl^{-}.

ΣΧΗΜΑ 5.5
Η διάλυση μιας ουσίας σ' ένα διαλύτη περιλαμβάνει τρία στάδια. Τα δύο πρώτα απαιτούν ενέργεια, ενώ το τρίτο ελευθερώνει ενέργεια. Η θερμότητα διάλυσης δίνεται από τη σχέση:
$\Delta H_{sol} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$.

Ενθαλπία δεσμού, ΔH_B

Η ενθαλπία δεσμού αποτελεί το μέτρο της ισχύος ενός χημικού δεσμού.

➢ *Ενθαλπία δεσμού στα διατομικά μόρια είναι η μεταβολή της ενθαλπίας, ΔΗ, κατά τη διάσπαση 1 mol αέριας ουσίας.*

π.χ. $Cl - Cl\,(g) \rightarrow 2Cl\,(g) \qquad \Delta H^o_B = +242\ kJ$

Στα πολυατομικά μόρια ορίζεται η ***μέση ενθαλπία δεσμού***, που αποτελεί το μέσο όρο των τιμών ενθαλπίας δεσμού στο μόριο.

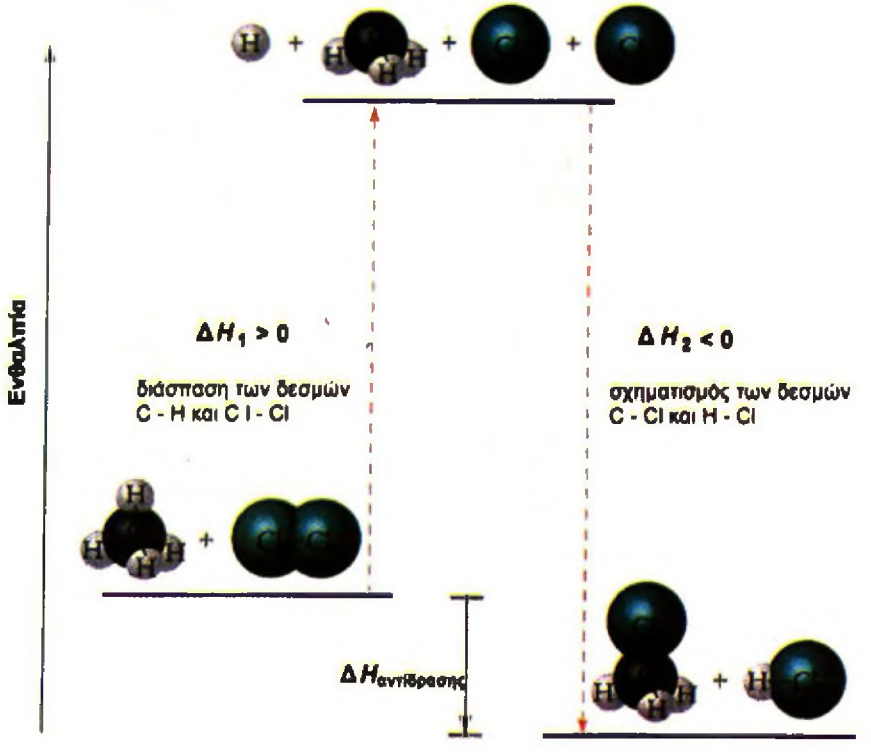
π.χ. $CH_4(g) \rightarrow C(g) + 4H(g) \qquad \Delta H^o = +1660\ kJ$

Ο κάθε δεσμός C-H έχει τη δική του τιμή ΔH_B, που εξαρτάται από ποιο μέρος του μορίου αποσπάται το άτομο του Η. Η μέση όμως ενθαλπία δεσμού C-H είναι 1660/4 kJ = 415 kJ.

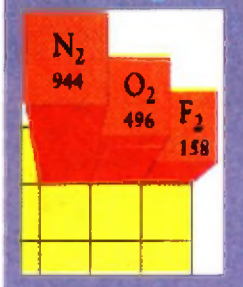
Γενικά κατά την πραγματοποίηση μιας αντίδρασης παρατηρείται σπάσιμο και δημιουργία νέων δεσμών. Η δημιουργία δεσμών αποτελεί πάντα εξώθερμο φαινόμενο (εκλύεται θερμότητα, ΔΗ<0) ενώ η διάσπαση των δεσμών ενδόθερμο (απορροφάται ενέργεια, ΔΗ>0).

Οπότε, ισχύει:

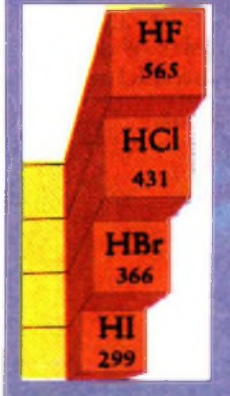
$$\Delta H_{\text{αντίδρασης}} = \Sigma\Delta H_{\text{δεσμών που διασπώνται}} - \Sigma\Delta H_{\text{δεσμών που σχηματίζονται}}$$



ΣΧΗΜΑ 5.6 Η ενθαλπία αντίδρασης $CH_4 + Cl_2 \rightarrow CH_3Cl + HCl$ ισούται με $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$, όπου ΔH_1 η ενέργεια που απαιτείται για τη διάσπαση των δεσμών C-H, Cl-Cl και ΔH_2 η ενέργεια που ελευθερώνεται για το σχηματισμό των δεσμών C-Cl και H-Cl.



Ενθαλπία δεσμών (ΔH_B σε kJ mol^{-1}) στα μόρια των στοιχείων αζώτου, οξυγόνου και φθορίου. Παρατηρούμε ότι η ενθαλπία των δεσμών εξασθενίζει από τον τριπλό στον απλό δεσμό.



Ενθαλπία δεσμών (ΔH_B σε kJ mol^{-1}) στα μόρια των υδραλογόνων υδροφθορίου, υδροχλωρίου, υδροβρωμίου και υδροϊωδίου. Παρατηρούμε ότι η ενθαλπία δεσμού ελαττώνεται όσο αυξάνεται το μέγεθος του ατόμου του αλογόνου (ατομική ακτίνα)

5.2 Θερμιδομετρία - Νόμοι Θερμοχημείας

Θερμιδομετρία

Η μέτρηση της θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται σε μια χημική αντίδραση, πραγματοποιείται σε ειδικές συσκευές που ονομάζονται ***θερμιδόμετρα***. Να θυμίσουμε ότι η μεταβολή της ενθαλπίας, ΔH, ισούται με το απορροφούμενο ή εκλυόμενο ποσό θερμότητας q, εφόσον η αντίδραση πραγματοποιείται υπό σταθερή πίεση.

Το θερμιδόμετρο στο σχήμα 5.7, ονομάζεται θερμιδόμετρο βόμβας και χαρακτηρίζεται για την ακρίβεια των μετρήσεών του.

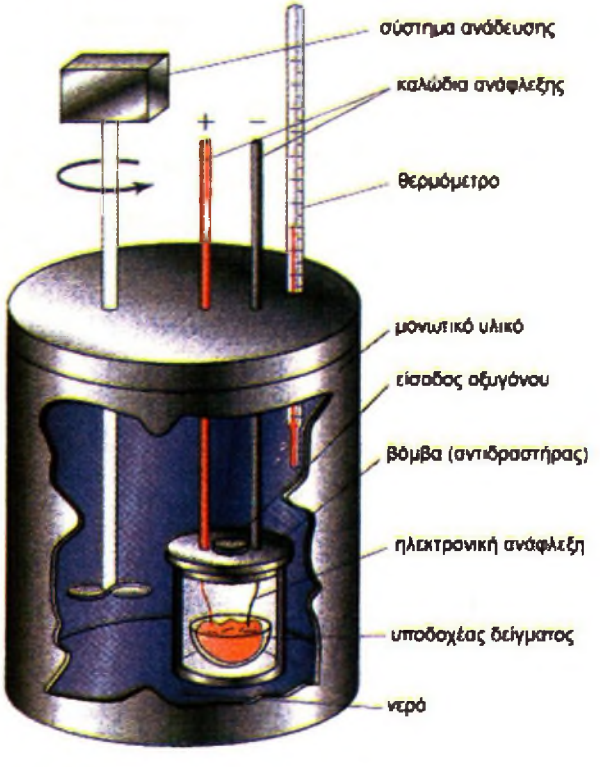
Αν στο θερμιδόμετρο πραγματοποιηθεί μία αντίδραση (ή γενικότερα μια φυσικοχημική μεταβολή π.χ. διάλυση), τότε η θερμότητα της αντίδρασης, q, που ελευθερώνεται ή απορροφάται προκαλεί αύξηση ή μείωση, αντίστοιχα, της θερμοκρασίας της ουσίας που περιέχεται στο θερμιδόμετρο (συνήθως νερό). Οπότε έχουμε,

Εξίσωση θερμιδομετρίας	$q = m\,c\,\Delta T$

$m\,c$: η θερμοχωρητικότητα της ουσίας (π.χ. νερό), εκφρασμένη συνήθως σε J $grad^{-1}$ ή cal $grad^{-1}$

c : η ειδική θερμοχωρητικότητα της ουσίας (π.χ. νερό) εκφρασμένη συνήθως σε J g^{-1} $grad^{-1}$ ή cal $g^{-1}grad^{-1}$.

ΔT : η μεταβολή της θερμοκρασίας σε °C ή K.



ΣΧΗΜΑ 5.7 Θερμιδόμετρο βόμβας.

• **Ειδική θερμοχωρητικότητα** μιας ουσίας είναι η θερμότητα που απαιτείται για να αυξηθεί η θερμοκρασία 1 g της ουσίας κατά 1 °C.

Ειδικές θερμοχωρητικότητες ορισμένων ουσιών

	J $g^{-1}grad^{-1}$
αέρας	1,01
βενζόλιο	1,05
χαλκός	0,38
αιθανόλη	2,24
γυαλί (Pyrex)	0,78
Ανοξ. χάλυβας	0,51
$H_2O(g)$	2,01
$H_2O(s)$	2,03
$H_2O(l)$	4,18

• Αν το θερμιδόμετρο έχει θερμοχωρητικότητα, τότε η εξίσωση της θερμιδομετρίας γίνεται

$q = (m\,c + C)\,\Delta T$

όπου,

C : η θερμοχωρητικότητα του οργάνου

Παράδειγμα 5.3

1,28 g ναφθαλινίου ($C_{10}H_8$) καίγονται σε θερμιδόμετρο βόμβας, οπότε η θερμοκρασία του νερού αυξάνει από 20 °C σε 25 °C. Η μάζα του νερού στο θερμιδόμετρο είναι 2000 g και η θερμοχωρητικότητα του θερμιδόμετρου 1,8 kJ/ °C. Να υπολογιστεί η ενθαλπία καύσης του ναφθαλινίου. Δίνεται ότι η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού είναι ίση με 4,18 J/ g °C.

ΛΥΣΗ

Υπολογίζουμε αρχικά τη θερμότητα που απορρόφησε η ποσότητα του νερού και το θερμιδόμετρο βόμβας:

$$q_{H_2O} = m\, c_{H_2O} \Delta T = 2000\,\text{g}\; 4{,}18 \frac{\text{J}}{\text{g}\;^\circ\text{C}}\, 5^\circ\text{C} = 41800\ \text{J}$$

$$q_{\text{βόμβας}} = 1800 \frac{\text{J}}{^\circ\text{C}}\, 5^\circ\text{C} = 9000\,\text{J}$$

Η θερμότητα αυτή (41.800+9.000) J = 50 800 J = 50,8 kJ ελευθερώθηκε από την καύση 1,28 g ναφθαλινίου. Επομένως 1,28g ναφθαλινίου ελευθερώνουν 50,8 kJ. Το 1 mol ναφθαλινίου που είναι 128 g ($M_{r\ \text{ναφθαλίνης}}$ = 128) θα ελευθερώσει 5080 kJ. Δηλαδή η θερμότητα καύσης του ναφθαλινίου είναι 5080 kJ mol^{-1}. Οπότε,

$C_{10}H_8 + 12\ O_2 \rightarrow 10\ CO_2 + 4\ H_2O$, $\Delta H = -5080$ kJ.

Εφαρμογή

1,6g CH_3OH καίγονται σε θερμιδόμετρο βόμβας. Η θερμοκρασία του νερού στο θερμιδόμετρο που είναι 2000 g αυξάνει κατά 3,5°C. Η θερμοχωρητικότητα του θερμιδόμετρου είναι 2 kJ/°C. Ποια είναι η ενθαλπία καύσης της CH_3OH σε kJ/mol. Δίνεται για το νερό c = 4,18 J/ g °C

(- 725,2 kJ mol^{-1})

Νόμοι Θερμοχημείας

Νόμος (ή αρχή) Lavoisier-Laplace

Ο νόμος αυτός είναι συνέπεια του θεωρήματος διατήρησης της ενέργειας, σύμφωνα με τον οποίο

- *Το ποσό της θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται κατά τη σύνθεση 1 mol μιας χημικής ένωσης από τα συστατικά της στοιχεία είναι ίσο με το ποσό της θερμότητας, το οποίο απορροφάται ή εκλύεται κατά τη διάσπαση 1 mol της ίδιας χημικής ένωσης στα συστατικά της στοιχεία.*

Με άλλα λόγια,

- *Αν κατά το σχηματισμό 1 mol μιας ουσίας παρατηρείται μεταβολή ενθαλπίας ΔH_1, κατά τη διάσπαση 1 mol της ίδιας ουσίας στα στοιχεία της παρατηρείται $\Delta H_2 = -\Delta H_1$.*

Δηλαδή αν: $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\Delta H^o_1 = -393,5$ kJ

τότε $CO_2(g) \rightarrow C(s) + O_2(g)$ $\Delta H^o_2 = +393,5$ kJ.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι αν μας είναι γνωστή η τιμή ΔH_1 μιας αντίδρασης, τότε μπορούμε να προβλέψουμε την τιμή ΔH_2 και της αντίστροφης αντίδρασης ($\Delta H_2 = -\Delta H_1$).

Νόμος του Hess

Ο Hess, προσδιορίζοντας πειραματικά τις θερμότητες διαφόρων αντιδράσεων, διατύπωσε το 1840 τον ομώνυμο νόμο, σύμφωνα με τον οποίο

➢ *Το ποσό της θερμότητας που εκλύεται ή απορροφάται σε μία χημική αντίδραση είναι το ίδιο, είτε η αντίδραση πραγματοποιείται σε ένα είτε σε περισσότερα στάδια.*

Για παράδειγμα η αντίδραση:

C(γραφίτης) + $O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\Delta H = -393,5$ kJ

Μπορεί να πραγματοποιηθεί και σε δύο στάδια:

C(γραφίτης) +1/2 $O_2(g) \rightarrow CO(g)$ $\Delta H_1 = -110,5$ kJ

$CO(g)$ + $1/2O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\Delta H_2 = -283,0$ kJ

Με την πρόσθεση των ενδιάμεσων αυτών αντιδράσεων προκύπτει η συνολική αντίδραση και το άθροισμα των ποσών θερμότητας των αντιδράσεων αυτών ισούται με το ποσό της θερμότητας που εκλύεται συνολικά.

Δηλαδή ισχύει, $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$

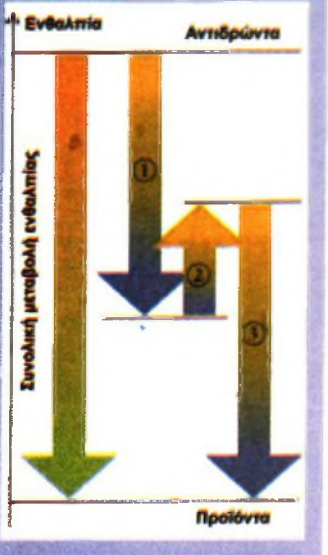
Ο νόμος του Hess, είναι άμεση συνέπεια του πρώτου θερμοδυναμικού νόμου και αποτελεί τη βάση πολλών θερμοχημικών υπολογισμών. Η μεγάλη του πρακτική σημασία έγκειται στο γεγονός ότι επιτρέπει την αλγεβρική πρόσθεση και αφαίρεση των θερμοχημικών εξισώσεων. Έτσι, μπορούν να υπολογιστούν έμμεσα, μέσω ***θερμοχημικών κύκλων***, οι θερμότητες πολλών αντιδράσεων, των οποίων ο άμεσος προσδιορισμός είναι δύσκολος (π.χ. αργές, με μικρή απόδοση ή θερμοδυναμικά αδύνατες αντιδράσεις). Για παράδειγμα οι τιμές ενθαλπίας σχηματισμού πολλών ενώσεων μπορούν να υπολογιστούν έμμεσα, μέσω του νόμου του Hess και των αντίστοιχων τιμών ενθαλπίας καύσης (στοιχείων και ενώσεων), που προσδιορίζονται πειραματικά με θερμιδόμετρο.

Η ***γενίκευση του νόμου του Hess αποτελεί το αξίωμα της αρχικής και τελικής κατάστασης*** σύμφωνα με το οποίο,

➢ *Το ποσό της θερμότητας, που εκλύεται ή απορροφάται κατά τη μετάβαση ενός χημικού συστήματος από μια καθορισμένη αρχική σε μια επίσης καθορισμένη τελική κατάσταση, είναι ανεξάρτητο από τα ενδιάμεσα στάδια, με τα οποία μπορεί να πραγματοποιηθεί η μεταβολή.*

Με τη γενίκευση αυτή είναι δυνατό να διευρύνουμε τους θερμοχημικούς υπολογισμούς, ώστε στις μεταβολές να μπορούν να συμπεριληφθούν πλην των χημικών αντιδράσεων και φυσικές μεταβολές π.χ. μεταβολές φυσικών καταστάσεων.

Germain Henri Hess (1802-1850) Ρώσος χημικός ελβετικής καταγωγής, οι μελέτες του έθεσαν τα θεμέλια της θερμοχημείας. Ο ομώνυμος νόμος που διατύπωσε το 1840 αποτελεί στην ουσία εφαρμογή του νόμου διατήρησεως της ενέργειας (α' θερμοδυναμικού νόμου), παρόλο που ο ίδιος δεν φαίνεται να το είχε αντιληφθεί.



Διαγραμματική απεικόνιση του νόμου του Hess
$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$

Π.χ.

$H_2(g) + 1/2O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$ $\Delta H = -241,8$ kJ

$H_2(g) + 1/2O_2(g) \rightarrow H_2O(l)$ $\Delta H_1 = -285,8$ kJ

$H_2O(l) \rightarrow H_2O(g)$ $\Delta H_2 = +44,0$ kJ

και $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$

Παράδειγμα 5.4

Να βρεθεί η ενθαλπία σχηματισμού του $CO(g)$ αν δίνονται:

$C_{(γραφίτης)} + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\Delta H_1 = -393,5$ kJ

$CO(g) + ½O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\Delta H_2 = -283$ kJ

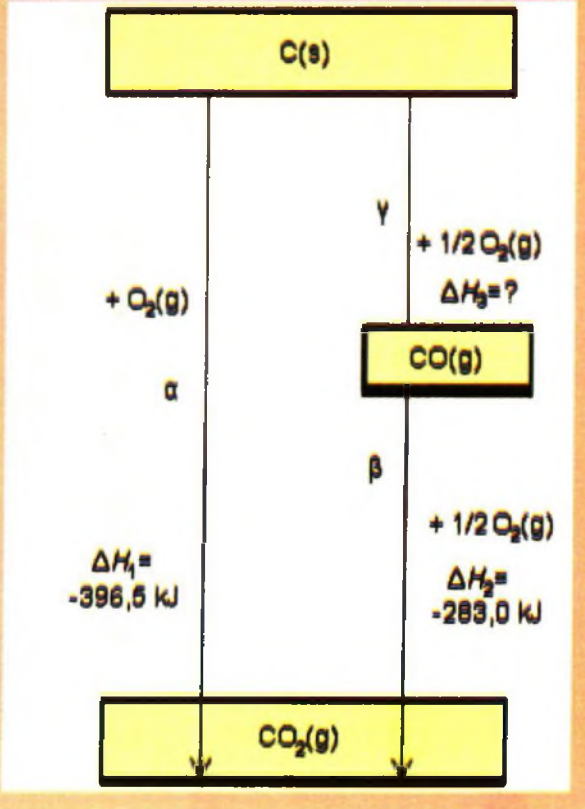
ΛΥΣΗ

1ος τρόπος (με θερμοχημικό κύκλο)

Όπως φαίνεται στο σχήμα δίνεται η ΔH_1 της (α) μεταβολής, η ΔH_2 της (β) μεταβολής και ζητείται η $\Delta H_3 = x$ kJ της (γ) μεταβολής.

Σύμφωνα με το νόμο του Hess έχουμε:

$$\Delta H_1 = \Delta H_2 + \Delta H_3 \Rightarrow \Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2 = -110,5 \text{ kJ}.$$



2ος τρόπος

Ακολουθούμε την εξής πορεία:

α) Γράφουμε τις θερμοχημικές εξισώσεις των οποίων δίνεται ή ζητείται η μεταβολή ενθαλπίας.

β) Διαλέγουμε μια οποιαδήποτε από τις παραπάνω θερμοχημικές εξισώσεις και φροντίζουμε να τη «βγάλουμε» ως άθροισμα των υπολοίπων.

γ) Εφαρμόζουμε το νόμο του Hess, οπότε υπολογίζουμε τη ζητούμενη ΔH.

Στη συγκεκριμένη άσκηση έχουμε

α. $C(s) + O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\Delta H_1 = -393{,}5$ kJ

β. $CO(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO_2(g)$ $\Delta H_2 = -283$ kJ

γ. $C(s) + \frac{1}{2}O_2(g) \rightarrow CO(g)$ $\Delta H_3 = x$ kJ.

Παρατηρούμε ότι η (α) μπορεί να προκύψει ως άθροισμα των (γ) και (β), οπότε από το νόμο του Hess έχουμε:

$\Delta H_1 = \Delta H_3 + \Delta H_2$

ή $\Delta H_3 = \Delta H_1 - \Delta H_2 = -110{,}5$ kJ.

Εφαρμογή

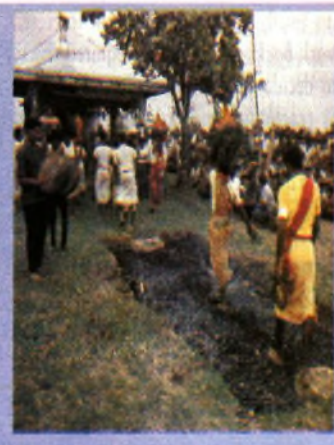
Να βρεθεί η ενθαλπία σχηματισμού του CH_4. Δίνονται:

α. η θερμότητα σχηματισμού του $CO_2(g)$ $\Delta H_f = -394$ kJ/mol

β. η θερμότητα σχηματισμού του $H_2O(g)$ $\Delta H_f = -236$ kJ/mol

γ. η θερμότητα καύσης του $CH_4(g)$ $\Delta H_c = -880$ kJ/mol

(14 kJ/mol)



Γνωρίζεις ότι...

Αναστενάρια: ένα θαύμα που ερμηνεύει η χημεία

Τα αναστενάρια είναι ένα έθιμο λατρείας που γίνεται στο Λαγκαδά Θεσσαλονίκης και στην Αγία Ελένη Σερρών, από τις 20 έως τις 23 Μαΐου και συνδέεται με τη γιορτή του Άγιου Κωνσταντίνου και Ελένης. Κάθε χρόνο τα μέσα μαζικής επικοινωνίας στρέφουν την προσοχή τους στο πρωτόγνωρο αυτό τελετουργικό έθιμο, που το αποκορύφωμα του είναι ο εκστατικός χορός των αναστενάρηδων στα αναμμένα κάρβουνα. Πώς όμως μπορεί να εξηγηθεί αυτό;

Είναι κοινή διαπίστωση ότι δεν πρόκειται για τέχνασμα ή απάτη. Οι αναστενάρηδες πραγματικά ποδοπατούν για ώρα τα αναμμένα κάρβουνα, χωρίς τα πέλματα τους να παρουσιάζουν το παραμικρό έγκαυμα. Ούτε υπάρχει η εκδοχή της ομαδικής υποβολής των θεατών, αφού η τελετουργία έχει πολλές φορές κινηματογραφηθεί και φωτογραφηθεί. Πρόκειται λοιπόν για θαύμα; Η θερμοχημεία μπορεί να δώσει ορισμένες εξηγήσεις στο θέμα:

1. Τα ανθρώπινα κύτταρα έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε νερό και επειδή το νερό έχει μεγάλη ειδική θερμοχωρητικότητα (c) η θερμοχωρητικότητα των κυττάρων ($C = mc$) έχει μεγάλη τιμή. Αυτό με άλλα λόγια σημαίνει, ότι μεγάλο ποσό θερμότητας πρέπει να μεταφερθεί στο πέλμα του ποδιού για να αυξηθεί η θερμοκρασία τόσο, ώστε να προκαλέσει καταστροφή στα κύτταρα. Όμως, λόγω των χορευτικών κινήσεων δεν έχουμε μεγάλο χρόνο επαφής μεταξύ του κάρβουνου και του ποδιού, ώστε να μεταφερθεί μεγάλο ποσό ενέργειας.

2. Η επιφάνεια των πυρακτωμένων κάρβουνων είναι σχετική μικρή και έτσι παρόλο που η θερμοκρασία είναι πολύ μεγάλη το θερμικό περιεχόμενό τους είναι σχετικά μικρό. Είναι όπως μια σπίθα, που αν πέσει πάνω μας δεν προκαλεί έγκαυμα, λόγω της μικρής της μάζας, άσχετα αν έχει μεγάλη θερμοκρασία.

3. Ο ιδρώτας (λόγω του χορού) και γενικώς η υγρασία που υπάρχει στο πέλμα του ποδιού (η υγρασία είναι μεγάλη στο περιβάλλοντα χώρο - γι' αυτό πιθανόν η πυροβασία γίνεται βράδυ) απορροφά μέρος της θερμικής ενέργειας για την εξάτμιση τους. Να σημειωθεί, ότι η θερμότητα εξάτμισης του νερού είναι μεγάλη.

Το φαινόμενο λοιπόν της πυροβασίας, που να σημειωθεί ότι δεν γίνεται κατ'αποκλειστικότητα στα αναστενάρια, αλλά και στην Ινδία, Κεϋλάνη Β. Αυστραλία κλπ, μπορεί να ερμηνευθεί με βάση τη θερμοχημεία. Θεωρητικά λοιπόν, με κατάλληλη προετοιμασία και υπό κατάλληλες συνθήκες, θα μπορούσε ο καθένας μας να γίνει αναστενάρης. Βέβαια μην είμαστε απόλυτοι, γιατί καμιά φορά και η επιστήμη κάνει λάθη.

Γνωρίζεις ότι.....

Εκρηκτικά

Τον Απρίλιο του 1995 μια βομβιστική ενέργεια στο Ομοσπονδιακό Μέγαρο στην πόλη της Οκλαχόμα των ΗΠΑ, έρχεται να συγκλονίσει την κοινή γνώμη. Ο απολογισμός ήταν ο θάνατος 168 ατόμων και η ολοκληρωτική καταστροφή του πολυώροφου κτιρίου. Οι αρχές υπολόγισαν ότι η ποσότητα του εκρηκτικού που χρησιμοποιήθηκε ήταν δύο τόνοι, η οποία πυροδοτήθηκε από κλεμμένο φορτηγό αυτοκίνητο. Το φοβερό αυτό εκρηκτικό (ANFO) είχε φτιαχτεί από νιτρικό αμμώνιο (AN), που είναι ένα συνηθισμένο λίπασμα, και ένα κοινό πετρέλαιο θέρμανσης (FO).
Πώς μπορεί αλήθεια ο συνδυασμός δύο τόσο απλών και καθημερινής χρήσεως ουσιών, όπως ενός λιπάσματος και ενός πετρελαίου θέρμανσης, κάτω από ορισμένες συνθήκες, να προκαλέσει τέτοια καταστροφή; Η τραγωδία στην πόλη της Οκλαχόμα έρχεται να μας θυμίσει για μια ακόμα φορά τη μεγάλη σημασία της χημείας για την ερμηνεία των ιδιοτήτων της ύλης.

Γενικά μια ουσία έχει εκρηκτικές ιδιότητες, όταν σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα διασπάται, ελευθερώνοντας ακαριαία μεγάλα ποσά ενέργειας και μεγάλους όγκους αερίων. Τα θερμά αυτά αέρια διαστελλόμενα δημιουργούν ένα καταστροφικό ωστικό κύμα. Το ωστικό κύμα μπορεί να μεταδίδεται με ταχύτητες της τάξης των 32 000 χιλιόμετρα /ώρα, ενώ αναπτύσσονται πιέσεις που υπερβαίνουν τις 700 000 ατμόσφαιρες, προξενώντας τεράστιες φυσικές καταστροφές στον περιβάλλοντα χώρο.
Η διάσπαση του νιτρικού αμμωνίου προφανώς έχει αυτά τα χαρακτηριστικά. Στο ANFO βέβαια η εκρηκτική δράση ενισχύεται ακόμα τρεις φορές, γιατί ακολουθεί η καύση των υδρογονανθράκων του πετρελαίου θέρμανσης (FO), που ελευθερώνει μεγάλους όγκους αερίων $CO_2(g)$, $H_2O(g)$ και συνεισφέρει ενέργεια 40-50 kJ ανά γραμμάριο υδρογονάνθρακα. Το περίεργο είναι ότι αυτό καθ' εαυτό το FO δεν είναι εκρηκτικό, γιατί καίγεται αργά, έχει όμως πολύ μεγάλο θερμικό περιεχόμενο και σε συνδυασμό με το AN δημιουργεί ένα τρομακτικής ισχύος εκρηκτικό.

Άλφρεντ Νόμπελ (1833-1896) Σουηδός χημικός μηχανικός. Ανακάλυψε το δυναμίτη και άλλα ισχυρά εκρηκτικά και έκτισε βιομηχανία για την παραγωγή τους. Ένα ατύχημα στοίχισε τη ζωή του αδελφού του και τεσσάρων ακόμα ατόμων, καθώς και την καταστροφή του εργοστασίου του. Παρά την απαγόρευση του Σουηδικού κράτους, αυτός συνέχισε τα πειράματά του για την ανάπτυξη ασφαλούς μεθόδου παραγωγής του δυναμίτη. Διαπνεόταν από φιλειρηνικά αισθήματα και πίστευε ότι οι ανακαλύψεις του θα μπορούσαν να συντελέσουν στην ειρήνη του κόσμου. Διέθεσε το μεγαλύτερο μέρος της τεράστιας περιουσίας του, που κέρδισε κυρίως από τις εργασίες του αυτές, για να υλοποιηθεί αυτό που θεωρείται σήμερα ως η μεγαλύτερη τιμητική διάκριση στον κόσμο της επιστήμης: το βραβείο Νόμπελ.
Ο δυναμίτης έχει σαν βάση τη νιτρογλυκερίνη της οποίας η διάσπαση (έκρηξη) γίνεται με βάση την παρακάτω αντίδραση:

$$2CH_2CHCH_2(ONO_2)_3(s) \rightarrow 6CO_2(g) + 3N_2(g) + 5H_2O(g) + 1/2O_2(g)$$

Ο δυναμίτης ακόμα και σήμερα παρασκευάζεται βιομηχανικά και χρησιμοποιείται για την ανατίναξη βράχων, είναι μίγμα από νιτρικό αμμώνιο και νιτρογλυκερίνης, εμποτισμένο σε γη διατόμων.

Ανακεφαλαίωση

1. Η θερμοχημεία μελετά τις θερμικές μεταβολές που συνοδεύουν τις χημικές αντιδράσεις. Οι αντιδράσεις που ελευθερώνουν θερμότητα ονομάζονται εξώθερμες και αυτές που απορροφούν θερμότητα ονομάζονται ενδόθερμες. Η μεταβολή της ενθαλπίας ΔH ισούται με τη θερμότητα που ελευθερώνεται ή απορροφάται σε μια αντίδραση, εφόσον η αντίδραση γίνεται υπό σταθερή πίεση. Σε μια εξώθερμη αντίδραση $\Delta H<0$ και σε μια ενδόθερμη $\Delta H>0$.

2. Ενθαλπία αντίδρασης ορίζεται η μεταβολή ενθαλπίας ΔH μεταξύ των αντιδρώντων και προϊόντων, για δεδομένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας. Δηλαδή, $\Delta H = H_{\text{προϊόντων}} - H_{\text{αντιδρώντων}}$. Η ενθαλπία αντίδρασης ονομάζεται πρότυπη και συμβολίζεται ΔH°, όταν αντιδρώντα και προϊόντα που βρίσκονται στην πρότυπη κατάσταση. Πρότυπη κατάσταση μιας ουσίας είναι η πιο σταθερή μορφή της σε θερμοκρασία 25 °C και πίεση 1 atm και για τα διαλύματα η συγκέντρωση c = 1 M. Με βάση τον ορισμό της ενθαλπίας αντίδρασης μπορούμε να ορίσουμε την ενθαλπία σχηματισμού, της καύσης, της διάλυσης και της εξουδετέρωσης.

3. Ο βασικός νόμος της θερμιδομετρίας, με τον οποίο μετράμε τις θερμότητες που ελευθερώνεται ή απορροφάται σε μια χημική αντίδραση είναι $q = m\,c\,\Delta T$, όπου c: η ειδική θερμοχωρητικότητα της ουσίας που θερμαίνεται ή ψύχεται (π.χ. νερό), m : η μάζα της ουσίας και ΔT : η μεταβολή της θερμοκρασίας. Η μέτρηση αυτών των θερμοτήτων γίνεται σε ειδικά όργανα που ονομάζονται θερμιδόμετρα.

4. Οι βασικοί νόμοι της θερμοχημείας είναι:

   1. Ο νόμος Lavoisier –Laplace σύμφωνα με τον οποίο, αν κατά το σχηματισμό 1 mol μιας ουσίας παρατηρείται μεταβολή ενθαλπίας ΔH_1, τότε κατά τη διάσπαση της ίδιας ουσίας στα στοιχεία της παρατηρείται $\Delta H_2 = -\Delta H_1$.
   2. Ο νόμος του Hess σύμφωνα με τον οποίο, η μεταβολή ενθαλπίας μιας αντίδρασης είναι η ίδια, είτε η αντίδραση πραγματοποιείται σε ένα στάδιο, είτε σε περισσότερα στάδια.

Λέξεις - κλειδιά

Χημική θερμοδυναμική	Ενθαλπία καύσης
Θερμοχημεία	Ενθαλπία διάλυσης
Εξώθερμη - ενδόθερμη αντίδραση	Ενθαλπία εξουδετέρωσης
Μεταβολή ενθαλπίας	Ενθαλπία δεσμού
Ενθαλπία αντίδρασης	Θερμιδομετρία
Πρότυπη κατάσταση	Νόμος Lavoisier -Laplace
Ενθαλπία σχηματισμού	Νόμος Hess

Ερωτήσεις επανάληψης

1. Τι είναι εξώθερμη και τι ενδόθερμη αντίδραση;

2. Η μεταβολή ενθαλπίας ΔH εξώθερμης αντίδρασης είναι μεγαλύτερη ή μικρότερη από το μηδέν;

3. Τι είναι πρότυπη κατάσταση;

4. Πώς ορίζεται η πρότυπη ενθαλπία αντίδρασης;

5. Τι ονομάζεται πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού και τι πρότυπη ενθαλπία καύσης;

6. Πώς συσχετίζεται η ενθαλπία μιας αντίδρασης με τις ενθαλπίες δεσμών των αντιδρώντων και προϊόντων;

7. Ποιος είναι ο βασικός νόμος της θερμιδομετρίας;

8. Με τι μονάδες μετράμε συνήθως την ειδική θερμοχωρητικότητα (c) ουσίας;

9. Ποιος είναι ο νόμος Lavoisier-Laplace;

10. Πώς διατυπώνεται ο νόμος του Hess και ποια η σημασία του;

Ασκήσεις - Προβλήματα

α. Ενθαλπία αντίδρασης ΔΗ - Πρότυπη ενθαλπία αντίδρασης ΔΗ°

11. Να χαρακτηρίσετε με ένα Σ όσες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και με ένα Λ όσες είναι λανθασμένες.

α. Οι αντιδράσεις που ελευθερώνουν ενέργεια υπό τη μορφή θερμότητας ονομάζονται εξώθερμες.

β. Στις εξώθερμες αντιδράσεις έχουμε $\Delta H > 0$.

γ. Η πρότυπη κατάσταση αναφέρεται σε $P = 1$ atm και $\theta = 0$ °C.

δ. Η πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού μιας ουσίας είναι πάντοτε ίση με την πρότυπη ενθαλπία καύσης της ουσίας.

12. Να συμπληρώσετε τα κενά στις επόμενες προτάσεις:

α. Οι αντιδράσεις που ελευθερώνουν ενέργεια υπό μορφή ..... ονομάζονται ..... . Οι αντιδράσεις που ..... ενέργεια υπό τη μορφή ..... ονομάζονται ενδόθερμες.

β. Ενθαλπία αντίδρασης είναι η .... μεταξύ των αντιδρώντων και ....., για δεδομένες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

γ. Η θερμότητα μιας αντίδρασης προσδιορίζεται πειραματικά με .....

13. Κατά την πλήρη καύση 8 g CH_4 ελευθερώνονται 445 kJ, όταν όλες οι ουσίες που συμμετέχουν στην αντίδραση βρίσκονται σε πρότυπη κατάσταση. Ποια είναι η σωστή θερμοχημική εξίσωση για την καύση του CH_4;

(α) $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$ $\Delta H° = 890$ kJ

(β) $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$ $\Delta H° = -445$ kJ

(γ) $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$ $\Delta H° = -890$ kJ

(δ) $CH_4(g) + 2O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$ $\Delta H° = 445$ kJ

14. Για ποια από τις επόμενες αντιδράσεις είναι $\Delta H°_{\text{αντίδρασης}} = \Delta H°_f$:
Η σταθερή μορφή στους (25 °C) του άνθρακα είναι ο γραφίτης και για δε του θείου το ρομβικό θείο.

(α) $H_2(g) + S(\text{ρομβικό}) \longrightarrow H_2S(g)$

(β) $C(\text{διαμάντι}) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g)$

(γ) $H_2(g) + CuO(s) \longrightarrow H_2O(l) + Cu(s)$

(δ) $NH_3(g) + HCl(g) \longrightarrow NH_4Cl(g)$

15. Δίνεται η μεταβολή της ενθαλπίας της αντίδρασης σε θερμοκρασία θ °C. Πόση θερμότητα θα ελευθερωθεί αν καούν πλήρως 6,2 g φωσφόρου P_4 σε θερμοκρασία θ °C;

$$P_4(s) + 5O_2(g) \longrightarrow 2P_2O_5(s) \qquad \Delta H = -3010 \text{ kJ}$$

150,5 kJ

16. Η πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού του HCl είναι –92,3 kJ/mol. Να γράψετε τη θερμοχημική εξίσωση σχηματισμού του HCl.

17. Να εξηγήσετε την παρατηρούμενη διαφορά στις ενθαλπίες σχηματισμού των παρακάτω αντιδράσεων:

$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(l)$ $\Delta H_1^o = -512$ kJ

$2H_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2H_2O(g)$ $\Delta H_2^o = -464$ kJ

18. Πόσα γραμμάρια άνθρακα πρέπει να καούν πλήρως για να πάρουμε τόση θερμότητα, όση χρειάζεται για να συντελεστεί η πλήρης διάσπαση 2 mol Al_2O_3 σε Al και O_2; Δίνονται οι ενθαλπίες σχηματισμού:
$\Delta H_{f\,CO_2} = -394$ kJ/mol και $\Delta H_{f\,Al_2O_3} = -1600$ kJ/mol

97,46 g

19. 6 g μίγματος μεθανίου και αιθυλενίου καίγονται πλήρως και ελευθερώνονται 261,4 kJ. Ποια είναι η σύσταση του μίγματος των 6 g, αν η ενθαλπία πλήρους καύσης του CH_4 είναι $\Delta H_1 = -802$ kJ/mol και του C_2H_4 είναι $\Delta H_2 = -1010$ kJ/mol.

3,2 g – 2,8 g

20. Η ενθαλπία πλήρους εξουδετέρωσης ισχυρού οξέος με ισχυρή βάση είναι $\Delta H_n = -57{,}1$ KJ mol^{-1}. Πόση θερμότητα ελευθερώνεται αν αναμιχθούν 3 L διαλύματος HCl 0,2 M με 2 L διαλύματος NaOH 0,25 M;

28,55 kJ

21. Η διάλυση του NH_4NO_3 στο νερό είναι μια ενδόθερμη αντίδραση και η θερμότητα διάλυσής του είναι 25,06 kJ/mol. Αυτή η ιδιότητα χρησιμοποιείται για την κατασκευή «παγοκύστεων». Να βρεθεί η θερμότητα που απορροφάται όταν διαλυθούν 10 g νιτρικού αμμωνίου στο νερό. Τη διάλυση του NH_4NO_3 στο νερό τη συμβολίζουμε:

$$NH_4NO_3(s) \longrightarrow NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq)$$

3,13 kJ

22. Δίνεται ότι η πρότυπη ενθαλπία καύσης του CH_4 είναι $\Delta H^\circ_c = -890$ kJ/mol. Να αντιστοιχίσετε σε κάθε ποσότητα μεθανίου που βρίσκεται στην πρώτη στήλη, το ποσό της θερμότητας που ελευθερώνεται κατά την καύση αυτής που βρίσκεται στη δεύτερη στήλη.

I	II
2 mol	445 kJ
8 g	890 kJ
80 g	4450 kJ
16 g	1780 kJ

β. Θερμιδομετρία

23. Για να θερμανθούν 2,5 L νερού από τους 20 °C στους 30 °C απαιτείται θερμότητα ίση με:
(α) 2,5 kcal (β) 10 kcal (γ) 25 kcal (δ) 75 kcal
Για το νερό: ρ = 1 g/mL και c = 1 cal/°C·g

24. Πόση θερμότητα χρειάζεται για να θερμανθεί θερμιδόμετρο, που περιέχει 1800 g H_2O και έχει θερμοχωρητικότητα C =1,5 kcal/°C, από τους 22 °C στους 30 °C; (ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού c =1 cal/°C·g)

26,4 kcal

* **25.** Ο συνολικός όγκος του νερού του Ειρηνικού Ωκεανού υπολογίζεται ότι είναι $7{,}2 \cdot 10^8$ km^3. Μια μέσου μεγέθους ατομική βόμβα παράγει κατά την έκρηξή της ενέργεια περίπου 10^{15} J. Να υπολογίσετε πόσες ατομικές βόμβες χρειάζονται για να θερμάνουν κατά την έκρηξή τους τα νερά του Ειρηνικού Ωκεανού κατά 1 °C. (για το νερό: ρ=1 g/mL και c=1 cal/°C·g)

$3 \cdot 10^9$ βόμβες

* **26.** 2 g γλυκόζης καίγονται πλήρως σε θερμιδόμετρο βόμβας οπότε η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται από τους 20 °C στους 24 °C. Η μάζα του νερού στο θερμιδόμετρο είναι 1500 g και η θερμοχωρητικότητα του θερμιδόμετρου είναι 1,5 kJ/°C. Να υπολογίσετε την ενθαλπία καύσης της γλυκόζης, αν η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού είναι 4,18 J/°C·g

-2797,2 kJ/mol

27. Η θερμοχημική εξίσωση της καύσης του αιθυλενίου είναι:

$$C_2H_4(g) + 3O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) + 2H_2O(l) \qquad \Delta H = -340 \text{ kcal}$$

Πόσα kg νερού μπορούν να θερμανθούν από 20 °C σε 90 °C με τη θερμότητα που παράγει η καύση ενός κυβικού μέτρου αιθυλενίου μετρημένο σε STP συνθήκες. Δίνεται η ειδική θερμοχωρητικότητα του νερού c = 1 cal/g·°C.

216,8 kg

28. 6 g μίγματος CH_4 και C_2H_4 καίγονται πλήρως και δίνουν τόση θερμότητα όση χρειάζεται για να θερμανθούν 2 kg νερού από τους 25°C στους 63 °C. Ποια είναι η σύσταση του αρχικού μίγματος;
Δίνονται: $c_{νερού}$ =1 cal/g·°C, ενθαλπίες καύσης: CH_4= -210 kcal/mol και C_2H_4= -340 kcal/mol.

3,2 g - 2,8 g

γ. Νόμοι Θερμοχημείας

29. Δίνεται η πρότυπη ενθαλπία της αντίδρασης:
$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(l) \quad \Delta H° = -256$ kJ.
Η πρότυπη ενθαλπία της αντίδρασης
$2H_2O(l) \longrightarrow 2H_2(g) + O_2(g) \quad \Delta H°$ είναι:
(α) 256 kJ (β) –512 kJ (γ) 512 kJ (δ) καμιά από αυτές.

30. Να υπολογίσετε την ενθαλπία σχηματισμού του ακετυλενίου C_2H_2
$2C(γραφίτης) + H_2(g) \longrightarrow C_2H_2(g) \quad \Delta H_f = x$ kJ
από τα παρακάτω δεδομένα:
$C(γραφίτης) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \quad \Delta H_1 = -393{,}5$ kJ
$H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(g) \quad \Delta H_2 = -285{,}8$ kJ
$2C_2H_2(g) + 5O_2(g) \longrightarrow 4CO_2(g) + 2H_2O(g) \quad \Delta H_3 = -2595{,}8$ kJ

225,1 kJ

31. Να υπολογίσετε την ενθαλπία σχηματισμού του CS_2 από τα παρακάτω δεδομένα:
$C(γραφίτης) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \quad \Delta H_1 = -393{,}5$ kJ
$S(ρομβικό) + O_2(g) \longrightarrow SO_2(g) \quad \Delta H_2 = -296{,}1$ kJ
$CS_2(l) + 3O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) + 2SO_2(g) \quad \Delta H_3 = -1072$ kJ

86,3 kJ/mol

32. Η αντίδραση σχηματισμού της CH_3OH:
$C_{(γραφίτης)} + 2H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow CH_3OH(l)$
δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί, γι' αυτό και δεν μπορούμε να προσδιορίσουμε άμεσα (με θερμιδόμετρο) τη θερμότητα της αντίδρασής της. Να υποδείξετε ένα τρόπο για τον έμμεσο υπολογισμό της θερμότητας αυτής.

33. 4 g C, 4 g H_2 και 4 g CH_3OH καίγονται και ελευθερώνονται αντίστοιχα ποσά θερμότητας 131 kJ, 572 kJ και 91 kJ. Να υπολογίσετε με βάση τα δεδομένα αυτά την ενθαλπία σχηματισμού της CH_3OH.

-237 kJ/mol

34. Για τη διάσπαση ενός δεσμού H-H πρέπει να προσφέρουμε ενέργεια 7,4 10^{-19} J. Να βρεθεί η θερμότητα που ελευθερώνεται όταν σχηματίζονται 8 g H_2 με σύνδεση ατόμων υδρογόνου. Δίνεται ο αριθμός Avogadro: N_A= 6,02 10^{23} mol^{-1}

1782 kJ

35. Πιθανολογείται ότι στη στρατόσφαιρα γίνεται η αντίδραση:

$HO(g) + Cl_2(g) \longrightarrow HOCl(g) + Cl(g)$ (1)

Να βρεθεί η ΔH της (1) αν δίνονται:

$Cl_2(g) \longrightarrow 2Cl(g)$ $\Delta H_1 = +242$ kJ

$H_2O_2(g) \longrightarrow 2HO(g)$ $\Delta H_2 = +134$ kJ

$H_2O_2(g) + Cl_2(g) \longrightarrow 2HOCl(g)$ $\Delta H_3 = -209$ kJ

-50,5 kJ

36. Να υπολογίσετε την ΔH της αντίδρασης

$3NO_2(g) + H_2O(l) \longrightarrow 2HNO_3(aq) + NO(g)$

αν δίνονται οι τιμές ΔH των αντιδράσεων:

$2NO(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO_2(g)$ $\Delta H_1 = -173\ kJ$

$2N_2(g) + 5O_2(g) + 2H_2O(l) \longrightarrow 4HNO_3(aq)$ $\Delta H_2 = -255\ kJ$

$N_2(g) + O_2(g) \longrightarrow 2NO(g)$ $\Delta H_3 = +181\ kJ$

-49 kJ

Γενικά προβλήματα

****37.** Σε 4 L διαλύματος ασθενούς οξέος HA 0,2 M, προσθέτουμε 2 L διαλύματος NaOH 0,25 M και ελευθερώνεται θερμότητα ίση με 25,4 kJ. Ποια η ΔH_n της αντίδρασης: $HA + NaOH \longrightarrow NaA + H_2O$

Γιατί η τιμή αυτή διαφέρει από την ΔH_n εξουδετέρωσης ισχυρού οξέος από ισχυρή βάση;

-50,8 kJ - ενθαλπία διάστασης

****38.** Σε θερμιδόμετρο που περιέχει 25 mL διαλύματος $CuSO_4$ 1 M, προστίθεται περίσσεια σκόνης Zn. Η αρχική θερμοκρασία του διαλύματος αυξάνεται από 20,2 °C σε 70,8 °C. Να υπολογίσετε την ενθαλπία της αντίδρασης:

$$Zn + CuSO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + Cu$$

Δίνεται ότι: $c_{διαλύματος} = 4{,}18$ kJ/kg·°C και $\rho_{διαλύματος} = 1$ g/mL. Το ποσό της θερμότητας που απορροφάται από το θερμιδόμετρο και τα αντιδραστήρια να θεωρηθεί αμελητέο.

-211,6 kJ

39. Η ενθαλπία εξουδετέρωσης ενός ισχυρού οξέος, π.χ. HBr, με μία ισχυρή βάση, π.χ. NaOH, είναι ουσιαστικά η ενθαλπία της αντίδρασης:

$$H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$$

και γι' αυτό θεωρείται σταθερή και ίση με –13,5 kcal ανά mol σχηματιζόμενου H_2O, ή απλά –13,5 kcal. Αναμιγνύουμε 0,2 L διαλύματος HBr 0,2 M με 0,2 L διαλύματος NaOH 0,3 M σε θερμιδόμετρο αμελητέας θερμοχωρητικότητας. Αν τα αρχικά διαλύματα είχαν θερμοκρασία θ_1=18 °C, ποια θα είναι η θερμοκρασία του τελικού διαλύματος;

Δίνεται ότι η πυκνότητα όλων των διαλυμάτων είναι ρ =1 g/mL και ότι η ειδική θερμοχωρητικότητα του τελικού διαλύματος είναι c =1 cal/°C·g.

19,35 °C

40. Η πρότυπη ενθαλπία καύσης αλκανίου (Α) είναι $\Delta H°_1$= -2936 kJ/mol, η πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού του (Α) είναι $\Delta H°_2$= -600 kJ/mol. Να βρείτε το μοριακό τύπο του αλκανίου αν η πρότυπη ενθαλπία σχηματισμού του CO_2 είναι $\Delta H°_3$= -376 kJ/mol και του H_2O είναι $\Delta H°_4$= - 276 kJ/mol.

C_5H_{12}

41. Θερμίτης λέγεται το μίγμα Al και Fe_2O_3 που χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση των σιδηροτροχιών, καθώς η αντίδραση:

$$2Al + Fe_2O_3 \longrightarrow Al_2O_3 + 2Fe \qquad (1)$$

είναι ισχυρά εξώθερμη. Αν οι ενθαλπίες σχηματισμού του Al_2O_3 και του Fe_2O_3 είναι αντίστοιχα ΔH_1=-1650 kJ/mol και ΔH_2= -830 kJ/mol σε θερμοκρασία θ:

(α) Να υπολογίσετε την τιμή της ΔH της (1) στη θερμοκρασία θ.

(β) Να υπολογίσετε το ποσό της θερμότητας που θα ελευθερωθεί κατά την αντίδραση μιας ποσότητας θερμίτη που περιέχει: 1000 g Fe_2O_3 και 270 g Al.

α.- 820 kJ β. 4100 kJ

Απαντήσεις στις ασκήσεις πολλαπλής επιλογής και σωστού - λάθους

11. α. Σ, β. Λ, γ. Λ, δ. Λ

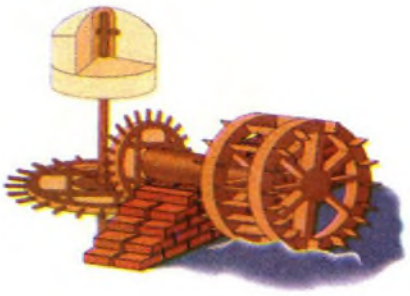
13. γ

14. α

22. 1δ, 2α, 3γ, 4β

23. γ

29. γ



Δραστηριότητα

Το ενεργειακό περιεχόμενο των τροφών

Σε πολλά από τα τυποποιημένα τρόφιμα αναγράφεται στην ετικέτα τους η διατροφική τους ανάλυση, δηλαδή, η περιεκτικότητά τους στα τρία βασικά διατροφικά υλικά (*πρωτεΐνες, υδατάνθρακες* και *λίπη*), καθώς και ο αριθμός των kcal ανά ορισμένη ποσότητα του τροφίμου.

Όμως, χρησιμοποιώντας τον κώδικα «4-4-9», που αποδίδει τα kcal g^{-1}, μπορεί κανείς να κάνει μια σύγκριση και έλεγχο για την ορθότητα των αναγραφομένων θερμίδων. Σαν παράδειγμα δίνονται στον παρακάτω πίνακα μερικές περιπτώσεις. Στη στήλη *Θερμίδες*, δίνεται η τιμή της ετικέτας, ενώ στη στήλη *kcal* η αντίστοιχη τιμή υπολογισμένη με βάση το «4-4-9». Τέλος, το *Είδος* της τροφής αναφέρεται σε ποσότητά 100 g.

Είδος	Πρωτεΐνες	Σάκχαρα	Λίπη	Θερμίδες	kcal
Κοτόπουλο	21,5	–	2,5	110	108,5
Καλαμπόκι	3,7	20,5	1,2	110	108
Παγωτό	4	20	14	220	222
Μήλο	0,4	14,2	0,5	65	63

Εκείνο που ζητείται είναι να συμπληρώσετε τον παραπάνω πίνακα με άλλα προϊόντα τα οποία θα τα αναζητήσετε ή στα ράφια των υπεραγορών ή σε ειδικότερα βιβλία διαιτολογίας και διατροφής.

Συμπεριλάβετε στον κατάλογο και ποτά γνωρίζοντας ότι η θερμότητα καύσης της αιθανόλης είναι 7,1 kcal g^{-1}. Να υπολογίσετε τις «θερμίδες» τους με βάση τους αλκοολικούς βαθμούς τους.

Αν περπατώντας καταναλώνετε 200 kcal h^{-1}, πόσο χρόνο πρέπει να περπατήσετε, ώστε να καταναλώσετε τις θερμίδες που πήρατε τρώγοντας κοτόπουλο, μήλο και παγωτό;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΘΕΡΜΟΧΗΜΕΙΑ

1-10. Οι απαντήσεις προκύπτουν εύκολα από τη θεωρία.

Ασκήσεις – προβλήματα

α. Ενθαλπία αντίδρασης ΔΗ – Κανονική ενθαλπία αντίδρασης ΔΗ°

11. Βλέπε θεωρία.

12. Βλέπε θεωρία.

13. Η σωστή απάντηση είναι η γ.

14. Η σωστή απάντηση είναι η α.

15. Τα $\frac{124g}{6,2g} = \frac{3010kJ}{\omega} \Leftrightarrow \omega = 150,5\ kJ$

16. $H_2(g) + Cl_2(g) \rightarrow 2HCl(g) \qquad \Delta H° = -184,6\ kJ$

17. Η διαφορά οφείλεται στη διαφορετική φυσική κατάσταση του H_2O.

18. $Al_2O_3 \rightarrow 2Al + \frac{3}{2}O_2 \qquad \Delta H = 1600\ kJ$

$\frac{1\ mol}{2\ mol} = \frac{1600\ kJ}{x} \rightarrow x = 3200\ kJ$

$C + O_2 \rightarrow CO_2 \qquad \Delta H = -394\ kJ$

$\frac{12\ g}{y} = \frac{394\ kJ}{3200\ kJ} \rightarrow y = 97,46\ g$

19. $CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O \quad \Delta H = -802\ kJ$

$C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 3H_2O \quad \Delta H = -1010\ kJ$

Έστω x mol CH_4 και y mol C_2H_4 στα 6 g του μίγματος που καίγονται. Από τα δεδομένα έχουμε:
$16x + 28y = 6$
$802x + 1010y = 261,4$
Λύνουμε και βρίσκουμε: x = 0,2 και y = 0,1, δηλαδή 3,2 g CH_4 και 2,8 g C_2H_4.

20. Υπολογίζουμε τις ποσότητες HCl και NaOH:
3·0,2 mol HCl = 0,6 mol HCl και
2·0,25 mol NaOH = 0,5 mol NaOH

$$HCl + NaOH \rightarrow NaCl + H_2O \quad \Delta H = -57,1 \text{ kJ}$$

Αρχικά/ mol 0,6 0,5
Αντιδρούν/mol: 0,5 0,5
Αντιδρούν 0,5 mol HCl και ελευθερώνονται 0,5·57,1 kJ = 28,55 kJ

21. $NH_4NO_3(s) \rightarrow NH_4^+(aq) + NO_3^-(aq) \quad \Delta H = 25,06$ kJ
Διαλύονται $\frac{80 \text{ g}}{10 \text{ g}}$ NH_4NO_3 και απορροφώνται $\frac{25,06}{x}$ kJ
δηλαδή x = 3,13 kJ

22. Βλέπε θεωρία

β. Θερμιδομετρία

23. $Q = m\,c\,\Delta\theta \rightarrow Q = 2500 \cdot 1 \cdot 10$ cal = 25 kcal

24. $Q = (m\,c + k)\,\Delta\theta \rightarrow Q = (1800 \cdot 1 + 1500) \cdot 8$ cal = 26400 cal = 26,4 kcal

25. $m_{\text{νερού}} = 7,2 \cdot 10^8 \text{ km}^3 \cdot 1 \text{ g/mL} = 7,2 \cdot 10^8 \cdot 1 \cdot 10^9 \cdot 10^6$ g
$Q = 7,2 \cdot 10^{23} \cdot 1 \cdot 1$ cal $= 7,2 \cdot 4,18 \cdot 10^{23}$ J

$$\frac{1 \text{ βόμβα}}{\omega} = \frac{10^{15} \text{ J}}{30 \cdot 10^{23} \text{ J}} \rightarrow \omega = 3 \cdot 10^9 \text{ βόμβες}$$

26. $Q = (1500 \cdot 4{,}18 + 1500) \cdot 4\ J = 31080\ J$

$$\frac{2\ g\ C_6H_{12}O_6}{180\ g} = \frac{31{,}08\ kJ}{x} \rightarrow x = 2797{,}2\ kJ$$

$\Delta H = -2797{,}2\ kJ/mol$

27. 1 m^3 = 1000 L καίγεται και ελευθερώνει $\frac{1000}{22{,}4} \cdot 340\ kcal$ = 15178 kcal

$Q = m\ c\ \Delta T \rightarrow 15178 = x \cdot 1 \cdot 70 \rightarrow x = 216{,}8$

Δηλαδή θερμαίνονται 216,8 kg H_2O.

28. $Q = 2000 \cdot 1 \cdot 38\ cal = 76\ kcal$

Καίγονται x mol CH_4 και y mol C_2H_4 οπότε έχουμε:

$16x + 28y = 6$ (1)

$210x + 340y = 76$ (2)

Λύνουμε και βρίσκουμε x = 0,2 και y = 0,1, δηλαδή 3,2 g CH_4 και 2,8 g C_2H_4.

γ. Νόμοι Θερμοχημείας

29. Η σωστή απάντηση προφανώς είναι η γ.

30.

$$\left.\begin{array}{l} 2C(\gamma\rho\alpha\varphi) + 2O_2(g) \longrightarrow 2CO_2(g) \quad \Delta H^\circ = -787\ kJ \\ H_2(g) + \frac{1}{2}O_2(g) \longrightarrow H_2O(g) \quad \Delta H^\circ = -285{,}8\ kJ \\ 2CO_2(g) + H_2O(g) \longrightarrow C_2H_2(g) + \frac{5}{2}O_2(g) \quad \Delta H^\circ = +1297{,}9\ kJ \end{array}\right\} +$$

$$2C(\gamma\rho\alpha\varphi) + H_2(g) \longrightarrow C_2H_2(g) \quad \Delta H^\circ = x\ kJ$$

Σύμφωνα με το νόμο του Hess:

$x = -787 - 285{,}8 + 1297{,}9$ ή $x = 225{,}1$

31.

$$\left.\begin{array}{l} C(\gamma\rho\alpha\varphi) + O_2(g) \longrightarrow CO_2(g) \quad \Delta H^\circ = -393{,}5\ kJ \\ 2S(\rho o\mu\beta\iota\kappa\acute{o}) + 2O_2(g) \longrightarrow 2SO_2(g) \quad \Delta H^\circ = -592{,}2\ kJ \\ CO_2(g) + 2SO_2(g) \longrightarrow CS_2(l) + 3O_2(g) \quad \Delta H^\circ = +1072\ kJ \end{array}\right\} +$$

32. Θα υπολογίσουμε τις ενθαλπίες καύσης του C*(γραφ)*, του H_2 και της CH_3OH και μετά εφαρμόζοντας το νόμο του Hess θα υπολογίσουμε την ενθαλπία σχηματισμού της CH_3OH.

33.

$$\left.\begin{array}{l} C(g)+O_2(g)\longrightarrow CO_2(g) \quad \Delta H=-3\cdot 131\ \text{kJ} \\ 2H_2(g)+O_2(g)\longrightarrow 2H_2O(g) \quad \Delta H=-572\ \text{kJ} \\ CO_2(g)+2H_2O(g)\longrightarrow CH_3OH(g)+\frac{3}{2}O_2(g) \quad \Delta H=+8\cdot 91\ \text{kJ} \end{array}\right\}+$$

$$C(g)+2H_2(g)+\frac{1}{2}O_2\longrightarrow CH_3OH(g) \quad \Delta H=-237\ \text{kJ}$$

34. Τα 8 g H_2 είναι 4 mol H_2 και περιέχουν $4N_A$ μόρια.

$$\frac{1\ \textit{μόριο}\ H_2}{4\cdot 6{,}02\cdot 10^{23}\ \textit{μόρια}}=\frac{7{,}4\cdot 10^{-19}\ J}{x}\rightarrow x=178{,}2\cdot 10^4\ J$$ δηλαδή 1782 kJ

35.

$$\left.\begin{array}{l} Cl_2(g)\longrightarrow 2Cl_2(g) \quad \Delta H=+242\ \text{kJ} \\ 2HO(g)\longrightarrow H_2O_2(g) \quad \Delta H=-134\ \text{kJ} \\ H_2O_2(g)+Cl_2(g)\longrightarrow 2HOCl(g) \quad \Delta H=-209\ \text{kJ} \end{array}\right\}+$$

$$2Cl_2(g)+2HO(g)\longrightarrow 2Cl(g)+2HOCl(g) \quad \Delta H=-101\ \text{kJ}$$

και $Cl_2(g)+HO(g)\longrightarrow Cl(g)+HOCl(g) \quad \Delta H=-50{,}5\ \text{kJ}$

36.

$$\left.\begin{array}{l} 3NO_2(g)\longrightarrow 3NO(g)+\frac{3}{2}O_2(g) \quad \Delta H^\circ=+\frac{3}{2}\cdot 173\ \text{kJ} \\ N_2(g)+\frac{5}{2}O_2(g)+H_2O(l)\longrightarrow 2HNO_3(aq) \quad \Delta H^\circ=-\frac{255}{2}\ \text{kJ} \\ 2NO(g)\longrightarrow N_2(g)+O_2(g) \quad \Delta H^\circ=-181\ \text{kJ} \end{array}\right\}+$$

$$3NO_2(g)+H_2O(l)\longrightarrow 2HNO_3(aq)+NO(g) \quad \Delta H=-49\ \text{kJ}$$

Γενικά προβλήματα

37. Υπολογίζουμε τις ποσότητες του οξέος και της βάσης:
4·0,2 mol HA και 2·0,25 mol NaOH

	$HA + NaOH \rightarrow NaA + H_2O$		
αρχικά:	0,8	0,5	(mol)
αντιδρούν:	0,5	0,5	(mol)

Τα 0,5 mol ελευθερώνουν 25,4 kJ, επομένως το 1 mol ελευθερώνει 50,8 kJ. Η διαφορετική τιμή από την ΔH εξουδετέρωσης ισχυρού οξέος με ισχυρή βάση οφείλεται στη θερμότητα που απαιτείται για τον ιοντισμό του ασθενούς οξέος.

38. Η μάζα του διαλύματος είναι 25 g και το ποσό της θερμότητας
$Q = 25 \cdot 4{,}18 \cdot 50{,}6 = 5288$ J

$Zn + CuSO_4 \rightarrow ZnSO_4 + Cu$

$$\frac{0{,}025\ mol}{1\ mol} \overset{\text{ελευθ}}{=} \frac{5{,}288\ kJ}{x} \text{ ή } x = 211{,}6 \text{ kJ},$$

δηλαδή $\Delta H = -211{,}6$ kJ.

39. Υπολογίζουμε τις ποσότητες του HBr και NaOH:
0,2·0,2 mol HBr = 0,04 mol HBr και
0,2·0,3 mol NaOH = 0,06 mol NaOH.

Αντιδρούν 0,04 mol HBr και ελευθερώνονται:
0,04·13,5 kcal = 0,54 kcal = 540 cal.

Ο όγκος του τελικού διαλύματος είναι 0,4 L ή 400 g οπότε:
$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$ ή $540 = 400 \cdot 1 \cdot \Delta\theta$ ή $\Delta\theta = 1{,}35$ °C, οπότε η τελική θερμοκρασία θα είναι: (18 + 1,35) °C = 19,35 °C.

40. $C_vH_{2v+2} + \frac{3v+1}{2}O_2 \longrightarrow vCO_2 + (v+1)H_2O \quad \Delta H^\circ_1 = -2936\ kJ$

$$\left.\begin{array}{l} vC + vO_2 \longrightarrow vCO_2 \quad \Delta H'_3 = -376v\ kJ \\ (v+1)H_2 + \frac{v+1}{2}O_2 \longrightarrow (v+1)H_2O \quad \Delta H'_4 = -(v+1)276\ kJ \\ vCO_2 + (v+1)H_2O \longrightarrow C_vH_{2v+2} + \frac{3v+1}{2}O_2 \quad -\Delta H^\circ_1 = 2936\ kJ \end{array}\right\} +$$

$vC + (v+1)H_2 \longrightarrow C_vH_{2v+2} \quad \Delta H^\circ_2 = -600\ kJ$

οπότε $\quad -376v - (v + 1)276 + 2936 = -600 \rightarrow$

$-652v = -3260 \quad$ ή $\quad v = 5$

και το αλκάνιο είναι το C_5H_{12}.

41.

$$\left.\begin{array}{l} 2Al + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow Al_2O_3 \quad \Delta H_1 = -1650\ kJ \\ Fe_2O_3 \longrightarrow 2Fe + \frac{3}{2}O_2 \quad -\Delta H_2 = 830\ kJ \end{array}\right\} +$$

$2Al + Fe_2O_3 \longrightarrow Al_2O_3 + 2Fe \quad \Delta H = -820\ kJ$

αρχ:	$\frac{270}{27}$	$\frac{1000}{160}$	(mol)
αντ:	10	5	(mol)

και ελευθερώνουν: 5·820 kJ = 4100 kJ.

6

ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

6.1 Εισαγωγή στην οργανική χημεία
6.2 Ταξινόμηση οργανικών ενώσεων - Ομόλογες σειρές
6.3 Ονοματολογία οργανικών ενώσεων
6.4 Ισομέρεια
6.5 Ανάλυση οργανικών ενώσεων
Ερωτήσεις - προβλήματα

ΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Στο τέλος της διδακτικής αυτής ενότητας θα πρέπει να μπορείς:

- Να αναγνωρίζεις τις οργανικές ενώσεις.
- Να αιτιολογείς το μεγάλο αριθμό οργανικών ενώσεων, στηριζόμενος στην ηλεκτρονιακή δομή και το μέγεθος της ατομικής ακτίνας του άνθρακα.
- Να ταξινομείς τις οργανικές ενώσεις με βάση: α) το είδος των δεσμών που αναπτύσσονται μεταξύ των ατόμων του άνθρακα β) τη διάταξη της ανθρακικής αλυσίδας γ) τη χαρακτηριστική ομάδα που έχουν δ) τις ομόλογες σειρές.
- Να ονομάζεις και να γράφεις, σύμφωνα με τις οδηγίες IUPAC, ορισμένες κατηγορίες άκυκλων οργανικών ενώσεων, όπως υδρογονανθράκων, αλκοολών, αιθέρων, αλδεϋδών, κετονών και καρβοξυλικών οξέων.
- Να ορίζεις το φαινόμενο της συντακτικής ισομέρειας, να διακρίνεις τα διάφορα είδη συντακτικής ισομέρειας (αλυσίδας, θέσης και ομόλογης σειράς) και να αναγνωρίζεις τη σημασία αυτής στην ανάπτυξη της οργανικής χημείας. Να καταγράφεις και να ονομάζεις τα ισομερή που αντιστοιχούν σε ορισμένο μοριακό τύπο.
- Να υπολογίζεις τον εμπειρικό τύπο μιας οργανικής ένωσης, με βάση την ποσοτική ανάλυσή της.
- Να υπολογίζεις το μοριακό τύπο μιας οργανικής ένωσης συνδέοντας την ποσοτική ανάλυση (εμπειρικό τύπο) με τη σχετική μοριακή μάζα της.

Έτος ορόσημο για την οργανική χημεία είναι το 1828. Τη χρονιά εκείνη ο Wöhler παρασκεύασε από ανόργανες πρώτες ύλες την πρώτη οργανική ένωση, την ουρία. Έτσι, κατέπεσε ο μύθος της ζωικής δύναμης, που αποτέλεσε τροχοπέδη στις φιλοδοξίες των χημικών για τη σύνθεση οργανικών ενώσεων. Στο πρώτο δημοσίευμα ο Wöhler ανέφερε: «Το μη αναμενόμενο αποτέλεσμα αποτελεί αξιοσημείωτο γεγονός, επειδή συνιστά παράδειγμα τεχνητής παραγωγής μιας οργανικής δηλαδή ζωικής ουσίας». Από το σημείο αυτό ξεκινά το κεφάλαιο της οργανικής σύνθεσης, που δεν έχει τελειωμό και από όπου παράγονται χιλιάδες χρήσιμα προϊόντα π.χ. φάρμακα, πλαστικά.
Σήμερα υπολογίζεται ότι συντίθενται περίπου 300.000 ενώσεις το χρόνο. Ο Wöhler δε μπορούσε να κρατήσει τη χαρά του για το μεγάλο του επίτευγμα. Σ' ένα γράμμα του είχε εκμυστηρευθεί: «Αισθάνομαι σαν την κότα που έκανε το αυγό και πρέπει να το διαλαλήσει». Εξάλλου πολλές γενεές φοιτητών διδάχθηκαν χημική ανάλυση από το βιβλίο του «παραδείγματα για την εξάσκηση στην Αναλυτική Χημεία», που είχε εκδοθεί χωρίς να αναφέρεται το όνομα του από υπερβολική μετριοφροσύνη. «Εμφανίζομαι χωρίς το όνομα μου , αφού ο καθένας θα μπορούσε να γράψει ένα τέτοιο βιβλίο» είχε πει.

Friedrich Wöhler
1800–1882

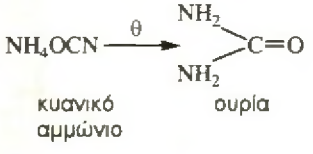
6 ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

6.1 Εισαγωγή στην οργανική χημεία

Οργανική χημεία ονομάζεται ο κλάδος της χημείας που μελετά τις ενώσεις του άνθρακα. Εξαίρεση αποτελούν το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και τα ανθρακικά άλατα (π.χ. το ανθρακικό ασβέστιο $CaCO_3$), που εξετάζονται στην ανόργανη χημεία (μαζί με τον C).

Οι πρώτες οργανικές ενώσεις απομονώθηκαν στις αρχές του 18ου αιώνα, παρόλο που ορισμένες απ' αυτές, όπως τα σάκχαρα και το οινόπνευμα, ήταν γνωστές χιλιάδες χρόνια πριν. Ο πρώτος που μελέτησε συστηματικά τις οργανικές ενώσεις, ήταν ο Σουηδός χημικός Scheele (1742-1786), ο οποίος απομόνωσε πλήθος οργανικών ενώσεων από φυτικές και ζωικές ύλες, π.χ. απομόνωσε το γαλακτικό οξύ από το γάλα.

Κατά τη διάρκεια του 18ου αιώνα, οι χημικοί πίστευαν ότι, για να συντεθεί μία οργανική ουσία, ήταν απαραίτητη η ***ζωική δύναμη*** (vis vitalis), την οποία διαθέτουν μόνο οι ζωντανοί οργανισμοί. Δηλαδή, επικρατούσε η ***βιταλιστική θεωρία***, ότι οι ουσίες χωρίζονται σε ανόργανες και οργανικές και ότι, μόνο σε ζωντανούς οργανισμούς μπορούν να συντεθούν οι οργανικές ουσίες. Το 1828 ο Wöhler ανακάλυψε, ότι μία οργανική ουσία μπορεί να παρασκευασθεί εργαστηριακά. Αυτό το πέτυχε τυχαία, κατά την παρασκευή της οργανικής ένωσης ουρία, με θέρμανση κυανικού αμμωνίου NH_4OCN (η οποία είναι ανόργανη ένωση).



Από τότε άνοιξε ο δρόμος της οργανικής σύνθεσης, της εργαστηριακής δηλαδή παρασκευής οργανικών ενώσεων, ενώ η βιταλιστική αντίληψη τέθηκε οριστικά στο περιθώριο των εξελίξεων.

Σήμερα η διάκριση της χημείας σε ανόργανη και οργανική γίνεται για συστηματικούς λόγους, παρόλο που στην πραγματικότητα δεν υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές στις ιδιότητες οργανικών και ανόργανων ενώσεων.

Σημασία της οργανικής χημείας

Είναι εύκολο να διαπιστώσουμε ότι η ζωή μας επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από την οργανική χημεία. Τα τρόφιμα, τα ρούχα, τα φάρμακα, τα

• Το τέλος του βιταλιστισμού

Η «βιταλιστική θεωρία» δέχτηκε πολύ μεγάλο πλήγμα όταν ο Friedrich Wöhler ανακάλυψε, το 1828, ότι ένα ανόργανο άλας ήταν δυνατόν να μετατραπεί σε μια οργανική ένωση.

Από τα μέσα του 19ου αιώνα, όλες οι μαρτυρίες συνηγορούσαν κατά τις «βιταλιστικής θεωρίας», και ο Brande έγραφε, το 1848, ότι «δεν είναι δυνατόν να χαραχτεί καμιά καθοριστική γραμμή μεταξύ οργανικής και ανόργανης χημείας. . . Οποιεσδήποτε διαφορές. . . θα πρέπει προς το παρόν να λαμβάνονται υπ' όψιν απλώς για εκπαιδευτικούς λόγους».

Η χημεία σήμερα είναι ενοποιημένη. Οι ίδιες αρχές που διέπουν τις απλούστερες ανόργανες ενώσεις ισχύουν και για τις πιο περίπλοκες οργανικές ενώσεις. Το μόνο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό των οργανικών ενώσεων είναι ότι όλες περιέχουν το στοιχείο του άνθρακα. Παρ' όλα αυτά η διάκριση μεταξύ οργανικής και ανόργανης χημείας, η οποία άρχισε για ιστορικούς λόγους, διατηρεί «την πρακτική ευκολία της. . . για την περαιτέρω πρόοδο των μαθητών».

Απόσπασμα από Οργανική Χημεία τόμος Ι
John McMurry

Τα βασικά συστατικά των τροφίμων είναι οργανικές ουσίες

καύσιμα, τα απορρυπαντικά, τα καλλυντικά, τα εντομοκτόνα, τα πλαστικά και τόσα άλλα, είναι στη βάση τους οργανικές ενώσεις και η εξέλιξή τους είναι αντικείμενο μελέτης της οργανικής χημείας.

Ας δούμε όμως μερικά παραδείγματα. Τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει ριζικές μεταβολές στη ***διατροφή*** με τις σύγχρονες μεθόδους παρασκευής, συντήρησης και τυποποίησης των τροφίμων. Ακόμα μελετήθηκε η θρεπτική αξία των τροφίμων και ανακαλύφθηκαν οι βιταμίνες και η χρησιμότητά τους.

Μεγάλη πρόοδος έχει γίνει και στην ***ενδυμασία*** με την ανακάλυψη συνθετικών υλικών, όπως το νάιλον και το συνθετικό μετάξι. Ευρύτατα χρησιμοποιούνται σήμερα τα τεχνητά δέρματα, οι τεχνητές βαφές και τα συνθετικά νήματα, μεγάλης αντοχής και ποικιλίας.

Στην ***ιατρική***, νέα φάρμακα και νέες μέθοδοι εργαστηριακών αναλύσεων έχουν βελτιώσει σημαντικά την προφύλαξη, διάγνωση και θεραπεία των ασθενειών.

Αυτά, άλλα και όσα θα μπορούσε να απαριθμήσει ο καθένας μας από την καθημερινή του εμπειρία, κάνουν την οργανική χημεία έναν από τους πιο αναπτυγμένους κλάδους της χημείας, με εφαρμογές στη χημεία τροφίμων, τη φαρμακευτική χημεία, τη βιοχημεία, τη χημεία πολυμερών, τη πετροχημεία κ.α.

Φάρμακα, καύσιμα, λιπαντικά και πολλά άλλα προϊόντα καθημερινής χρήσης στην υπηρεσία της οργανικής χημείας.

Γιατί ο άνθρακας ξεχωρίζει

Οι οργανικές ενώσεις που έχουν βρεθεί στη φύση ή έχουν παρασκευαστεί στα εργαστήρια μέχρι σήμερα είναι περισσότερες από 12.000.000, ενώ οι ανόργανες ενώσεις είναι περίπου 1.000.000, μετά το πλήθος των ενώσεων του πυριτίου που παρασκευάστηκαν τα τελευταία χρόνια.

Γιατί όμως ο άνθρακας είναι τόσο ιδιαίτερος; Γιατί ξεχωρίζει από τα άλλα στοιχεία του περιοδικού πίνακα; Που οφείλεται η ικανότητα του άνθρακα να σχηματίζει τόσες πολλές ενώσεις;

Ο άνθρακας έχει τα εξής ιδιαίτερα χαρακτηριστικά:

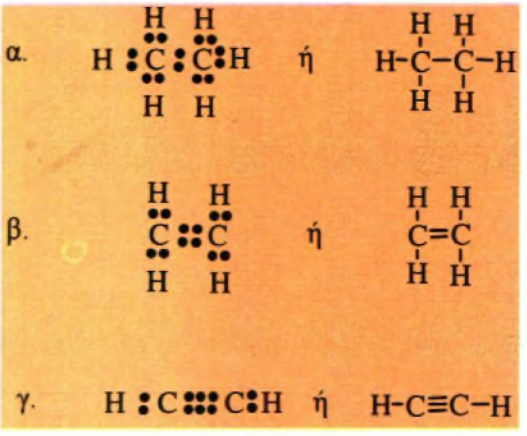
- ***Διαθέτει τέσσερα μονήρη (μοναχικά) ηλεκτρόνια*** στην εξωτερική του στιβάδα ή, όπως συνήθως λέμε, έχει τέσσερις μονάδες συγγένειας (που συμβολίζονται με μία παύλα η καθεμία). Γι' αυτό μπορεί να ενωθεί με άτομα άλλων στοιχείων (συνηθέστερα είναι τα H, O, N, S, αλογόνα) ή με άλλα άτομα άνθρακα. Έτσι, σχηματίζει απλές ενώσεις (π.χ. με ένα άτομο άνθρακα) ή πολύπλοκες ενώσεις (π.χ. με δεκάδες δισεκατομμύρια άτομα άνθρακα).
- ***Έχει μικρής ατομικής ακτίνα*** γι' αυτό σχηματίζει σταθερούς ομοιοπολικούς δεσμούς (τα κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων συγκρατούνται ισχυρά, επειδή είναι κοντά στον πυρήνα του ατόμου του άνθρακα).

  Επίσης τα άτομα του άνθρακα μπορεί να συνδεθούν μεταξύ τους με απλό, διπλό ή τριπλό δεσμό, όπως φαίνεται στα επόμενα παραδείγματα:

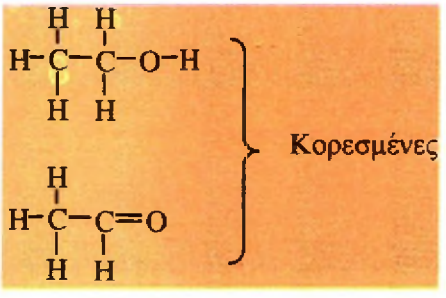
• Ηλεκτρονιακή δομή C και Si

$_{6}C$ (2 , 4)

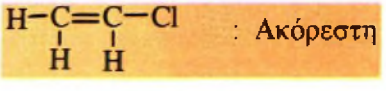
$_{14}Si$ (2 , 8 , 4)



➢ *Οι ενώσεις στις οποίες όλα τα άτομα άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους με απλούς δεσμούς λέγονται* ***κορεσμένες****. Οι ενώσεις στις οποίες δύο τουλάχιστον άτομα άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους με διπλό ή τριπλό δεσμό λέγονται* ***ακόρεστες****.*



Να σημειωθεί ότι και η δεύτερη ένωση, στο παραπάνω πλαίσιο, χαρακτηρίζεται κορεσμένη, επειδή τα άτομα του άνθρακα συνδέονται με απλό δεσμό στο μόριο της ένωσης. Ο διπλός δεσμός δηλαδή μεταξύ άνθρακα και οξυγόνου δεν «μετράει» για το χαρακτηρισμό της ένωσης. Αντίθετα, η ένωση που αναγράφεται παρακάτω χαρακτηρίζεται ακόρεστη, επειδή μεταξύ των ατόμων άνθρακα υπάρχει ένας διπλός δεσμός.

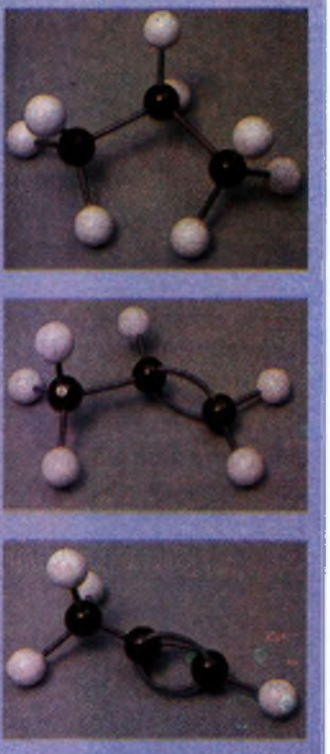


6.2 Ταξινόμηση οργανικών ενώσεων - ομόλογες σειρές

Είναι φανερό, ότι η ταξινόμηση των οργανικών ενώσεων είναι απαραίτητη, ώστε να διευκολυνθεί η μελέτη του μεγάλου αυτού πλήθους των ενώσεων . Η ταξινόμηση αυτή μπορεί να γίνει με διάφορα κριτήρια:

1. Με βάση το είδος των δεσμών που αναπτύσσονται μεταξύ των ατόμων άνθρακα

Κατ΄αυτό τον τρόπο οι οργανικές ενώσεις διακρίνονται σε κορεσμένες και ακόρεστες. Στη λογική αυτής της ταξινόμησης έχουμε ήδη αναφερθεί ήδη σ' αυτό στην προηγούμενη ενότητα.

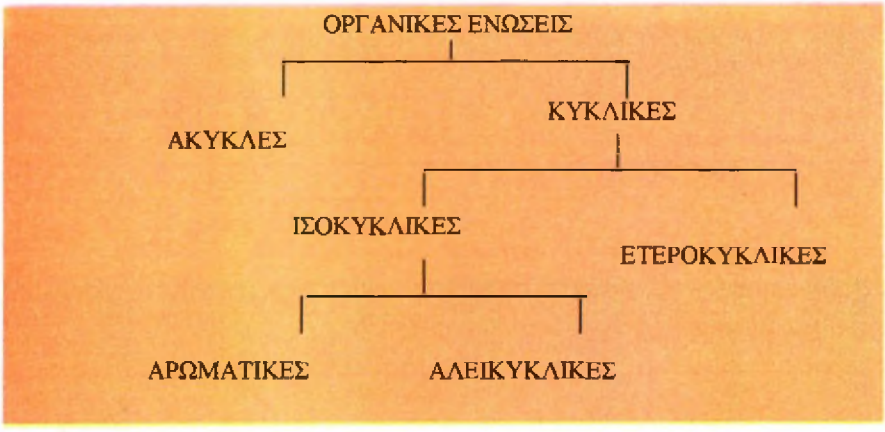


Μεταξύ των ατόμων άνθρακα μπορούν να σχηματιστούν απλοί, διπλοί ή τριπλοί δεσμοί, όπως φαίνεται στα παραπάνω μοριακά μοντέλα.

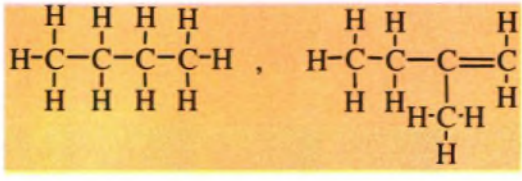
2. Με βάση τον τρόπο σύνδεσης των ατόμων άνθρακα μεταξύ τους (διάταξη ανθρακικής αλυσίδας)

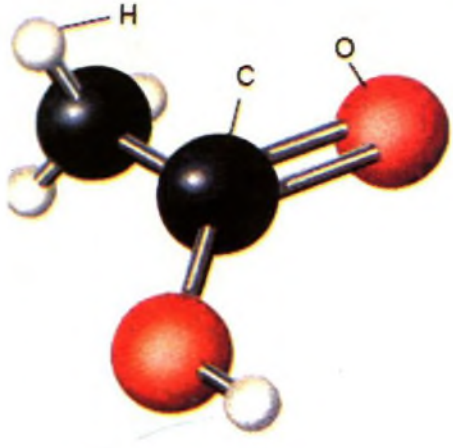
Στον ακόλουθο πίνακα φαίνεται η ταξινόμηση των οργανικών ενώσεων με βάση το τελευταίο αυτό κριτήριο:

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1 Ταξινόμηση οργανικών ενώσεων ανάλογα με τη μορφή της ανθρακικής αλυσίδας



➢ ***Άκυκλες*** *ονομάζονται οι ενώσεις στις οποίες τα άτομα του άνθρακα ενώνονται σε ευθεία ή διακλαδισμένη ανθρακική αλυσίδα. Οι ενώσεις αυτές ονομάζονται* ***αλειφατικές*** *(ή* ***λιπαρές****), γιατί τα λίπη περιέχουν ενώσεις αυτού του είδους. Π.χ.*





➢ ***Κυκλικές*** *ονομάζονται οι ενώσεις στο μόριο των οποίων υπάρχει ένας τουλάχιστον δακτύλιος, δηλαδή σχηματίζεται κλειστή αλυσίδα.*

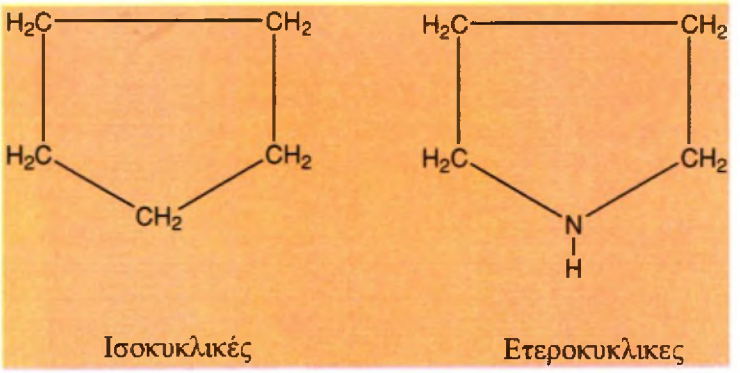
➢ ***Ισοκυκλικές*** *ονομάζονται οι κυκλικές ενώσεις στις οποίες ο δακτύλιος σχηματίζεται αποκλειστικά και μόνο από άτομα άνθρακα.*

άλειφαρ = λίπος

ΣΧΗΜΑ 6.1 Απεικόνιση με μοριακό μοντέλο του αιθανικού οξέος (οξικού οξέος), που είναι μία άκυκλη κορεσμένη οργανική ένωση

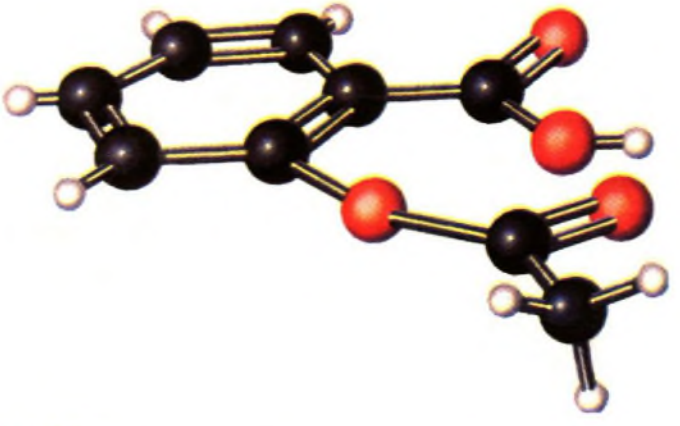
• Το ξίδι είναι διάλυμα οξικού οξέος.

➢ ***Ετεροκυκλικές*** *ονομάζονται οι κυκλικές ενώσεις στις οποίες ο δακτύλιος σχηματίζεται όχι μόνο από άτομα άνθρακα, αλλά και από άτομα άλλου στοιχείου, συνήθως Ο, Ν.*



➢ ***Αρωματικές*** *ονομάζονται (συνήθως) οι κυκλικές ενώσεις που περιέχουν τουλάχιστον ένα βενζολικό δακτύλιο.*

Ο βενζολικός δακτύλιος σε μία απλούστατη (όχι και τόσο ακριβή) περιγραφή, είναι ένας εξαμελής δακτύλιος ατόμων άνθρακα στον οποίο εναλλάσσονται συνεχώς ένας απλός με ένα διπλό δεσμό.



ΣΧΗΜΑ 6.2 Η ασπιρίνη (ακετυλοσασαλυκιλικό οξύ) είναι μία αρωματική ένωση, όπως φαίνεται σε μοριακό μοντέλο της.

➢ ***Αλειφατικές*** ονομάζονται όλες οι μη αρωματικές ισοκυκλικές ενώσεις

3. Ταξινόμηση με βάση τη χαρακτηριστική ομάδα που βρίσκεται στο μόριο της ένωσης

Ανάλογα με το είδος της χαρακτηριστικής ομάδας που έχει μία ένωση, η ένωση κατατάσσεται σε διάφορες κατηγορίες, γνωστές ως ***χημικές τάξεις***. Οι σπουδαιότερες απ' αυτές εκτίθενται στον παρακάτω πίνακα:

• **Χαρακτηριστική ομάδα** μιας οργανικής ένωσης είναι ένα άτομο ή ένα συγκρότημα ατόμων, η οποία προσδίδει τις χαρακτηριστικές ιδιότητες σε μία ένωση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2 Χαρακτηριστικές ομάδες

Ομάδα	Όνομα ομάδας	Χημική τάξη
-OH	υδροξύλιο	ΑΛΚΟΟΛΕΣ
- CH=O	αλδεϋδομάδα	ΑΛΔΕΥΔΕΣ
$-C\diagdown C=O\diagup C-$	κετονομάδα	ΚΕΤΟΝΕΣ
-COOH	καρβοξύλιο	ΚΑΡΒΟΞΥΛΙΚΑ ΟΞΕΑ
-C-O-C-	αιθερομάδα	ΑΙΘΕΡΕΣ
-COOC-	εστερομάδα	ΕΣΤΕΡΕΣ
	στην ένωση περιέχεται μόνο C και H	ΥΔΡΟΓΟΝΑΝΘΡΑΚΑΣ

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΕΝΩΣΕΩΝ

- Είναι μοριακές ενώσεις (ομοιοπολικές).
- Διαλύονται σε οργανικούς διαλύτες και ελάχιστα στο νερό.
- Έχουν χαμηλά σημεία βρασμού και σημεία τήξης.
- Είναι ευπαθείς στην υψηλή θερμοκρασία και πολλές φορές εύφλεκτες.

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΩΝ ΟΡΓΑΝΙΚΩΝ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ

- Μοριακές
- Αργές
- Με μικρή απόδοση

4. Ταξινόμηση των οργανικών ενώσεων με βάση τις ομόλογες σειρές

Ομόλογες σειρές

Για την απλούστευση και συστηματική μελέτη των οργανικών ενώσεων, οι οργανικές ενώσεις ταξινομούνται σε ομόλογες σειρές.

➢ *Ομόλογη σειρά ονομάζεται ένα σύνολο οργανικών ενώσεων, των οποίων τα μέλη (οργανικές ενώσεις) έχουν τα εξής κοινά χαρακτηριστικά:*

1. *Έχουν τον ίδιο γενικό μοριακό τύπο.*
2. *Όλα τα μέλη έχουν ανάλογη σύνταξη και περιέχουν την ίδια χαρακτηριστική ομάδα.*
3. *Έχουν παρόμοιες χημικές ιδιότητες, καθώς η χημική συμπεριφορά τους εξαρτάται από τη σύνταξη του μορίου και τις χαρακτηριστικές ομάδες.*
4. *Οι φυσικές τους ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με τη σχετική μοριακή τους μάζα (M_r) και τη θέση της χαρακτηριστικής ομάδας.*
5. *Έχουν παρόμοιες παρασκευές.*
6. *Κάθε μέλος διαφέρει από το προηγούμενο και το επόμενο του κατά την ομάδα $-CH_2-$.*

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται μερικές από τις σημαντικότερες ομόλογες σειρές.

• Η ρίζα $-CH_2-$ ονομάζεται μεθυλένιο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.3 Χαρακτηριστικά παραδείγματα ομολόγων σειρών

Γενικός Μ.Τ.	Ομόλογη σειρά	Παράδειγμα / όνομα
$C_νH_{2ν+2}$	ΑΛΚΑΝΙΑ ν ≥ 1	$CH_3CH_2CH_3$ προπάνιο
$C_νH_{2ν}$	ΑΛΚΕΝΙΑ ν ≥2	$CH_3CH{=}CHCH_3$ 2-βουτένιο
$C_νH_{2ν-2}$	ΑΛΚΙΝΙΑ ν ≥2	$CH_3CH_2CH_2C{\equiv}CH$ 1-πεντίνιο
	ΑΛΚΑΔΙΕΝΙΑ ν ≥3	$CH_2{=}CHCH{=}CH_2$ 1,3-βουταδιένιο
$C_νH_{2ν+1}X$	ΑΛΚΥΛΑΛΟΓΟΝΙΔΙΑ ν ≥1	$CH_3CH_2CH_2I$ 1- ιωδοπροπάνιο
$C_νH_{2ν+2}O$	ΚΟΡΕΣΜΕΝΕΣ ΜΟΝΟΣΘΕΝΕΙΣ ΑΛΚΟΟΛΕΣ (R-OH) ν ≥1	$CH_3CH_2CH(OH)CH_3$ 2-βουτανόλη
	ΚΟΡΕΣΜΕΝΟΙ ΜΟΝΟΑΙΘΕΡΕΣ (R-O-R΄) ν ≥2	CH_3-O-CH_2CH_3 αιθυλομεθυλαιθέρας ή μεθοξυαιθάνιο
$C_νH_{2ν}O$	ΚΟΡΕΣΜΕΝΕΣ ΑΛΔΕΫΔΕΣ (RCHO) ν ≥1	CH_3CHO αιθανάλη
	ΚΟΡΕΣΜΕΝΕΣ ΚΕΤΟΝΕΣ (R-CO-R΄) ν ≥3	$CH_3CH_2COCH_2CH_3$ 3-πεντανόνη
$C_νH_{2ν}O_2$	ΚΟΡΕΣΜΕΝΑ ΜΟΝΟΚΑΡΒΟΞΥΛΙΚΑ ΟΞΕΑ (RCOOH) ν ≥1	CH_3CH_2COOH προπανικό οξύ
	ΕΣΤΕΡΕΣ (RCOOR΄) ν ≥2	CH_3COOCH_3 αιθανικός μεθυλεστέρας

Η ρίζα R· (Radical) ονομάζεται αλκύλιο και έχει το γενικό τύπο $C_μH_{2μ+1}$· (βλέπε σελίδα 182).

• Οι εστέρες με τύπο: RCOOR΄ είναι εστέρες κορεσμένων μονοκαρβοξυλικών οξέων με κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες.

6.3 Ονοματολογία άκυκλων οργανικών ενώσεων

Με το διεθνές σύστημα ονοματολογίας της IUPAC, οι οργανικές ενώσεις ονομάζονται με ονόματα που δείχνουν τη χημική τους σύνταξη. Η ονομασία μιας άκυκλης με συνεχή ανθρακική αλυσίδα ένωσης, προκύπτει από το συνδυασμό τριών συνθετικών. Το πρώτο συνθετικό δείχνει τον αριθμό των ατόμων άνθρακα της ανθρακικής αλυσίδας, το δεύτερο αν η

ένωση είναι κορεσμένη ή ακόρεστη με έναν ή περισσότερους διπλούς ή τριπλούς δεσμούς και το τρίτο σε ποια κατηγορία ενώσεων ανήκει η ένωση.

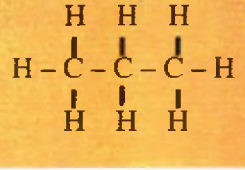
ΠΙΝΑΚΑΣ 6.4 Βασικοί κανόνες ονοματολογίας

α΄ συνθετικό	β΄ συνθετικό	γ΄ συνθετικό
1ατομο C: ***μεθ-***	κορεσμένη ένωση : ***-αν-***	Υδρογονάνθρακες: ***-ιο***
2 άτομα C: ***αιθ-***	ακόρεστη με 1 δ.δ. : ***-εν-***	Αλκοόλες : ***-ολη***
3 άτομα C: ***προπ-***	ακόρεστη με 1 τ.δ.: ***-ιν-***	Αλδεΰδες: ***-αλη***
4 άτομα C: ***βουτ-***	ακόρεστη με 2 δ.δ. : ***–διεν-***	Κετόνες: ***-ονη***
5 άτομα C: ***πεντ-***		καρβοξυλικά οξέα:
6άτομα C: ***εξ-*** κ.ο.κ.		***–ικό οξύ***

Στη συνέχεια δίνουμε παραδείγματα εφαρμογής των παραπάνω κανόνων ονοματολογίας, παίρνοντας ως βάση το συντακτικό τύπο των ενώσεων. Ξεκινάμε πρώτα με ενώσεις των οποίων τα άτομα άνθρακα σχηματίζουν ευθύγραμμη ανθρακική αλυσίδα και ακολουθούν παραδείγματα ενώσεων με διακλαδισμένη αλυσίδα.

1. ΕΝΩΣΕΙΣ ΜΕ ΕΥΘΥΓΡΑΜΜΗ ΑΝΘΡΑΚΙΚΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

α.



ή $CH_3CH_2CH_3$

Ο δεύτερος τύπος που είναι και αυτός συντακτικός, δείχνει τον τρόπο σύνδεσης των ατόμων μεταξύ τους, και μάλιστα, είναι πιο εύχρηστος (*συμπτυγμένος συντακτικός τύπος*). Η ονομασία της ένωσης προκύπτει ως εξής:

Έχει 3 άτομα C: ***προπ-***
Είναι κορεσμένη: ***-αν-***
Είναι υδρογονάνθρακας: ***-ιο***
Δηλαδή, ***προπάνιο.***

β. $^4CH_3{}^3CH_2{}^2CH={}^1CH_2$

Έχει 4 άτομα C: ***βουτ-***
Έχει 1 διπλό δεσμό: ***-εν-***
Είναι υδρογονάνθρακας: ***-ιο***

• Σταθμός στη δημιουργία του διεθνούς συστήματος ονοματολογίας ήταν το συνέδριο που οργάνωσε η IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) το 1947.
Στο συνέδριο αυτό καθιερώθηκε ένα ενιαίο σύστημα διεθνούς ονοματολογίας των οργανικών ενώσεων, το οποίο ονομάζεται διεθνές σύστημα ονοματολογίας της IUPAC. Το έργο της διεθνούς αυτής οργάνωσης (IUPAC) συνεχίζεται μέχρι σήμερα, δίνοντας κάθε τόσο νέες οδηγίες για την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος ονοματολογίας που έχει προτείνει (π.χ. ονομασίες νέων οργανικών ενώσεων).

• Συντακτικός τύπος: είναι ο τύπος που δείχνει πώς συνδέονται τα άτομα των στοιχείων στο μόριο της ένωσης στο επίπεδο.

Ο διπλός δεσμός είναι στη θέση: 1
Δηλαδή, η ονομασία της ένωσης είναι: ***1-βουτένιο***.

- *Η αρίθμηση της ανθρακικής αλυσίδας αρχίζει από την άκρη που είναι πιο κοντά στο διπλό δεσμό ή γενικά στον πολλαπλό δεσμό.*

γ. $^{5}CH_3-^{4}CH_2-^{3}CH_2-^{2}\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-^{1}CH_3$

Έχει 5 άτομα C: ***πεντ-***
Είναι κορεσμένη: ***-αν-***
Είναι αλκοόλη: ***-ολη.***
Η χαρακτηριστική ομάδα -OH βρίσκεται στη θέση ***2***.
Δηλαδή η ονομασία της ένωσης είναι: ***2-πεντανόλη.***

- *Η αρίθμηση της ανθρακικής αλυσίδας αρχίζει από την άκρη που είναι πιο κοντά στον άνθρακα, που περιέχει τη χαρακτηριστική ομάδα.*

δ. CH_3CH_2CHO

Έχει 3 άτομα C: ***προπ-***
Είναι κορεσμένη: ***-αν-***
Είναι αλδεΰδη: ***-αλη.***
Άρα η ονομασία της ένωσης είναι: ***προπανάλη.***
Εδώ να παρατηρήσουμε ότι, αν η χαρακτηριστική ομάδα (ΧΟ) είναι μονοσθενής και έχει άνθρακα, όπως η αλδεΰδομάδα -CHO ή το καρβοξύλιο –COOH, τότε η αρίθμηση της ευθύγραμμης αλυσίδας αρχίζει πάντα από τον άνθρακα της χαρακτηριστικής αυτής ομάδας (θέση 1) Γι' αυτό δεν χρειάζεται στην περίπτωση αυτή να καθορίζεται η θέση της ΧΟ.

ε. $CH_2{=}CH\underset{\underset{OH}{|}}{C}HCH_3$

Η ένωση ονομάζεται ***3-βουτεν-2-όλη***.
Η αρίθμηση αρχίζει από το άκρο της αλυσίδας που είναι πιο κοντά στη χαρακτηριστική ομάδα και η θέση της ομάδας σημειώνεται πριν από το τρίτο συνθετικό της ονομασίας της ένωσης.

στ. $CH{\equiv}CCH_2COOH$

Η ένωση ονομάζεται ***3-βουτινικό οξύ***.
Δε χρειάζεται να καθοριστεί η θέση της χαρακτηριστικής ομάδας –COOH, γιατί όπως έχουμε παρατηρήσει, ο άνθρακας του καρβοξυλίου είναι πάντοτε στη θέση 1.
Συνοψίζοντας ισχύουν οι εξής κανόνας IUPAC:

- *Αν η ένωση περιέχει χαρακτηριστική ομάδα και πολλαπλό δεσμό, τότε η θέση τους χαρακτηρίζεται με αριθμούς που μπαίνουν για μεν το πολ-*

λαπλό δεσμό στην αρχή του ονόματος, για δε τη χαρακτηριστική ομάδα, πριν το τρίτο συνθετικό της ένωσης.

- *Οι ομάδες –COOH και –CH=O καταλαμβάνουν πάντα τη θέση 1 της ανθρακικής αλυσίδας, γι' αυτό δε χρειάζεται ο καθορισμός της θέσης τους.*

2. ΕΝΩΣΕΙΣ ΜΕ ΔΙΑΚΛΑΔΙΣΜΕΝΗ ΑΛΥΣΙΔΑ

Πριν προχωρήσουμε στην ονοματολογία ενώσεων με διακλαδισμένη ανθρακική αλυσίδα, θα πρέπει να γνωρίζουμε τους εξής κανόνες IUPAC:

- *Η κύρια αλυσίδα περιλαμβάνει τα περισσότερα άτομα άνθρακα και τις περισσότερες χαρακτηριστικές ομάδες και πολλαπλούς δεσμούς.*
- *Οι διακλαδώσεις είναι συνήθως αλκύλια, δηλαδή ρίζες που προκύπτουν, όταν από ένα μόριο αλκανίου (C_vH_{2v+2}) αφαιρέσουμε ένα άτομο υδρογόνου. Τα αλκύλια έχουν το γενικό τύπο C_vH_{2v+1}-, έχουν μία μονάδα συγγένειας και συμβολίζονται με R-. Τα απλούστερα αλκύλια είναι το CH_3- μεθύλιο και το CH_3CH_2- αιθύλιο.*
- *Τα ονόματα των διακλαδώσεων προτάσσονται του κυρίως ονόματος, με αλφαβητική σειρά, με αριθμούς που καθορίζουν τις θέσεις τους (αν είναι δυνατές περισσότερες από μία θέσεις).*
- *Αν υπάρχουν ίδιες διακλαδώσεις, τότε αναφέρονται ομαδικά και μπροστά στο όνομα τους μπαίνει αριθμητικό (δι-, τρι-, κλπ.) που δείχνει το πλήθος τους.*

Δίνουμε χαρακτηριστικά παραδείγματα για την εμπέδωση των παραπάνω κανόνων.

α. $^{1}CH_3-^{2}CH(CH_3)-^{3}CH_2-^{4}CH_3$ 2-μεθυλοβουτάνιο

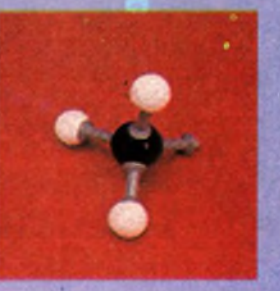
Η ρίζα CH_3- μεθύλιο αποτελεί διακλάδωση της κύριας ανθρακικής αλυσίδας. Η αρίθμηση αρχίζει από την αρχή της κύριας (ευθείας) αλυσίδας που είναι πιο κοντά στη διακλάδωση. Όμως, θα πρέπει να γνωρίζουμε,

- *Αν η ένωση έχει χαρακτηριστική ομάδα (ΧΟ) και πολλαπλό δεσμό (ΠΔ) και διακλαδώση (Δ), τότε αρχίζουμε την αρίθμηση της ανθρακικής αλυσίδας από το ακραίο εκείνο άτομο άνθρακα που είναι πλησιέστερο στη ΧΟ. Αν η ένωση δεν έχει ΧΟ ή τα ακραία άτομα άνθρακα απέχουν εξίσου από τη ΧΟ, τότε αρχίζουμε την αρίθμηση από τον άνθρακα τον πλησιέστερο στον ΠΔ. Τέλος, αν η ένωση δεν έχει ούτε ΠΔ ούτε ΧΟ, τότε αρχίζουμε την αρίθμηση από το άτομο του άνθρακα τον πλησιέστερο στη Δ.*

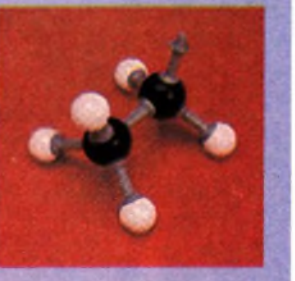
Δηλαδή κατά την αρίθμηση μιας διακλαδισμένης αλυσίδας η σειρά προτεραιότητας είναι: **ΧΟ > ΠΔ > Δ.**

Έτσι έχουμε,

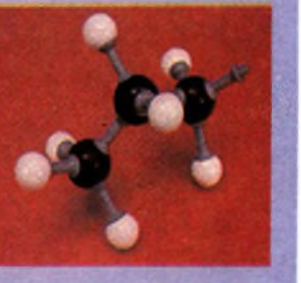
β. $CH_3CH_2CH(CH_3)CH_2CH(CH_3)CH_3$ 2,4-διμεθυλοεξάνιο



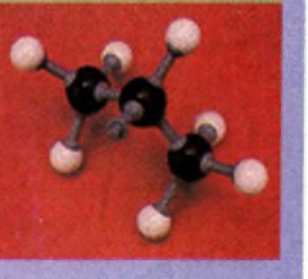
Η ρίζα CH_3- μεθύλιο



CH_3CH_2- αιθύλιο



$CH_3CH_2CH_2$- προπύλιο



Ισοπροπύλιο

$CH_3-CH(CH_3)-$

Τα απλούστερα αλκύλια σε μορφή μοριακών μοντέλων.

γ. $CH_3CH(CH_3)CH_2CH_2OH$ 3-μεθυλο-1-βουτανόλη

δ. $CH_3CH(Cl)CH_2CH_3$ 2-χλωροβουτάνιο

➢ *Τα αλογόνα (Cl-, Br-, F-, I-) διαβάζονται ως διακλαδώσεις, δηλαδή τα ονόματα τους μπαίνουν σαν πρόθεμα του κυρίου ονόματος.*

ε. $^6CH_3{}^5C(CH_3)=^4C(Cl)-^3CH_2{}^2CH=^1CH_2$ 4-χλωρο -5- μεθυλο -1,4-εξαδιένιο

στ. $CH_3CH_2CH(CH_3)C(=O)CH_3$ 3- μεθυλο-2-πεντανόνη

ζ. $CH_2=C(CH_3)-CH_2CH(OH)CH_3$ 4-μεθυλο-4-πεντεν-2-όλη

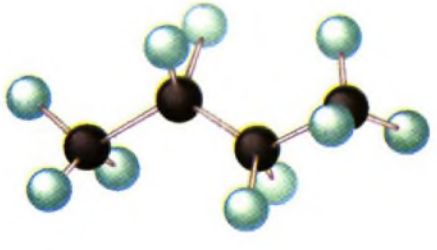
6.4 Ισομέρεια

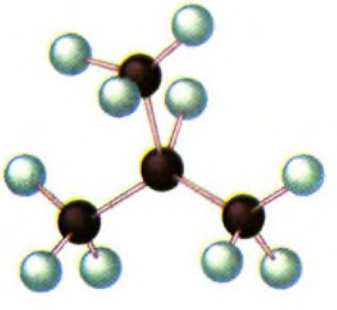
➢ *Ισομέρεια είναι το φαινόμενο κατά το οποίο δύο ή περισσότερες ενώσεις με τον ίδιο μοριακό τύπο έχουν διαφορές στις ιδιότητες τους (φυσικές ή χημικές). Αυτό οφείλεται, είτε στη διαφορετική διάταξη των ατόμων άνθρακα στο επίπεδο (συντακτική ισομέρεια), είτε στη διαφορετική διάταξη των ατόμων στο χώρο (στερεοϊσομέρεια).*

Από τις δύο αυτές κατηγορίες θα μας απασχολήσει μόνο η συντακτική ισομέρεια.

Μία ένωση που έχει μοριακό τύπο C_4H_{10} έχει δύο δυνατούς συντακτικούς τύπους.

α. $CH_3CH_2CH_2CH_3$ βουτάνιο β. $CH_3CH(CH_3)CH_3$ μεθυλοπροπάνιο





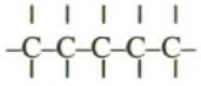
• Η ισομέρεια δεν αποτελεί αποκλειστικότητα της οργανικής χημείας. Υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις ισομέρειας ανόργανων ενώσεων.

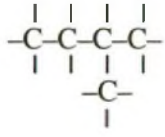
ΣΧΗΜΑ 6.3 Παράδειγμα ισομερών ενώσεων με μοριακό τύπο C_4H_{10}, με χρήση μοριακών μοντέλων.

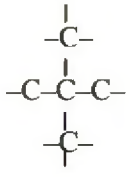
Η συντακτική ισομέρεια διακρίνεται σε ισομέρεια αλυσίδας, ισομέρεια θέσης και ισομέρεια ομόλογης σειράς.

➢ *Ισομέρεια αλυσίδας ονομάζεται ένα είδος συντακτικής ισομέρειας, που οφείλεται στο διαφορετικό τρόπο σύνδεσης (διάταξης) των ατόμων άνθρακα στα μόρια των ισομερών ενώσεων.*

Ας δούμε για παράδειγμα τα ισομερή με μοριακό τύπο C_5H_{12}. Η ένωση αυτή έχει γενικό τύπο $C_νH_{2ν+2}$, είναι δηλαδή αλκάνιο. Τα πέντε άτομα άνθρακα μπορεί να σχηματίσουν τρεις διαφορετικές ανθρακικές αλυσίδες, μία ευθεία και δύο διακλαδισμένες:


(1)


(2)


(3)

Συμπληρώνουμε τις μονάδες συγγένειας με Η και έχουμε τα τρία ισομερή:

$CH_3CH_2CH_2CH_2CH_3$ πεντάνιο

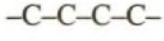
$CH_3CH_2CH(CH_3)CH_2$ μεθυλοβουτάνιο

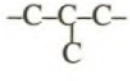
$CH_3CH_2C(CH_3)_2CH_3$ διμεθυλοπροπάνιο

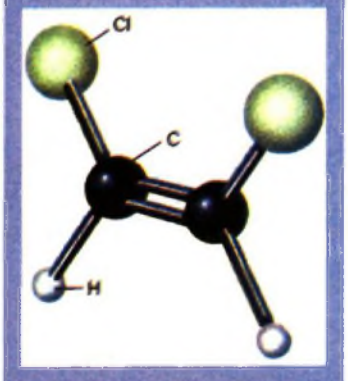
Παρατήρηση: Όταν η θέση της διακλάδωσης είναι μοναδική, τότε μπορούμε να παραλείψουμε τον αριθμό που καθορίζει τη θέση της.

➢ *Ισομέρεια θέσης ονομάζεται ένα είδος συντακτικής ισομέρειας που οφείλεται στη διαφορετική θέση μιας χαρακτηριστικής ομάδας ή ενός πολλαπλού δεσμού στα μόρια των ισομερών ενώσεων.*

Ας δούμε για παράδειγμα τα άκυκλα ισομερή με μοριακό τύπο C_4H_8. Η ένωση αυτή έχει το γενικό τύπο $C_νH_{2ν}$, είναι δηλαδή αλκένιο. Γράφουμε τις δυνατές ανθρακικές αλυσίδες







Στερεοϊσομέρεια: Υπάρχουν ενώσεις που έχουν τον ίδιο συντακτικό τύπο και διαφορετικούς στερεοχημικούς τύπους. Οι ενώσεις αυτές ονομάζονται στερεοϊσομερείς. Οι παραπάνω ενώσεις είναι στερεοϊσομερείς, καθώς δεν υπάρχει δυνατότητα ελεύθερης περιστροφής των ατόμων Η και Cl περί τον άξονα του διπλού δεσμού.

Τοποθετούμε το διπλό δεσμό σε όλες τις δυνατές διαφορετικές θέσεις και συμπληρώνουμε με τα άτομα του Η που λείπουν.

$C–C–C=C \rightarrow CH_3CH_2CH=CH_2$ 1-βουτένιο

$C–C=C–C \rightarrow CH_3CH=CHCH_3$ 2-βουτένιο

$C-C(-C)=C \rightarrow CH_3C(-CH_3)=CH_2$ μεθυλοπροπένιο

➢ *Ισομέρεια ομόλογης σειράς ονομάζεται ένα είδος συντακτικής ισομέρειας που εμφανίζουν ενώσεις που ανήκουν σε διαφορετικές ομόλογες σειρές.*

Ας δούμε για παράδειγμα τις ισομερείς ενώσεις με μοριακό τύπο C_3H_8O. Η ένωση έχει γενικό τύπο $C_νH_{2ν+2}O$. Στο γενικό τύπο $C_νH_{2ν+2}O$ αντιστοιχούν οι κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες, ($C_νH_{2ν+1}OH$) και οι κορεσμένοι αιθέρες ($C_λH_{2λ+1}OC_μH_{2μ+1}$). Με τρία άτομα άνθρακα έχουμε μία μόνο ανθρακική αλυσίδα:

C – C – C

Βάζουμε το –OH σε κάθε δυνατή θέση και έχουμε τις αλκοόλες:

$CH_3–CH_2–CH_2OH$ 1-προπανόλη

$CH_3–CH(OH)–CH_3$ 2-προπανόλη

Αν τοποθετήσουμε το –O– ανάμεσα σε δύο άτομα άνθρακα, σχηματίζονται οι αιθέρες. Εδώ η θέση είναι μόνο μία: $CH_3–O–CH_2–CH_3$
και ο αιθέρας ονομάζεται αιθυλομεθυλοαιθέρας. Δηλαδή, πρώτα δίνουμε τα ονόματα των δύο αλκυλίων κατ' αλφαβητική σειρά και ακολουθεί η λέξη αιθέρας.

Άλλες περιπτώσεις ισομέρειας ομόλογης σειράς είναι :

α. αλδεΰδες $C_νH_{2ν+1}–C(=O)–H$ } $C_λH_{2λ}O$

κετόνες $C_νH_{2ν+1}–C(=O)–C_μH_{2μ+1}$

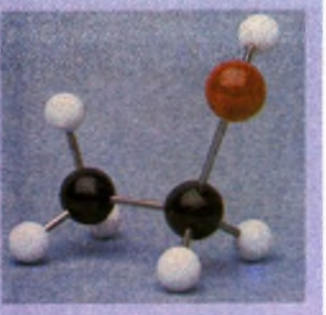
β. οξέα $C_νH_{2ν+1}COOH$ } $C_λH_{2λ}O_2$

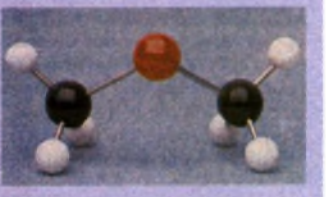
εστέρες $C_κH_{2κ+1}COO\ C_μH_{2μ+1}$

Για παράδειγμα, στο μοριακό τύπο $C_2H_4O_2$ αντιστοιχούν οι ισομερείς ενώσεις:
CH_3COOH αιθανικό οξύ και
$HCOOCH_3$ μεθανικός μεθυλεστέρας.

γ. Αλκίνια } $C_νH_{2ν-2}$
Αλκαδιένια

Για παράδειγμα, στο μοριακό τύπο C_3H_4 αντιστοιχούν οι ισομερείς ενώσεις:
$CH_3C≡CH$ προπίνιο και
$CH_2=C=CH_2$ προπαδιένιο.





Η αιθανόλη CH_3CH_2OH (πάνω) και ο διμεθυλοαιθέρας CH_3OCH_3 (κάτω) είναι ισομερή ομολόγου σειράς

Οι αιθέρες ονομάζονται με δύο τρόπους:
1) Με τα ονόματα των δύο ριζών που είναι συνδεδεμένοι στο οξυγόνο και τη λέξη αιθέρας. Αυτός είναι και ο πιο συνηθισμένος.
2) Κατά IUPAC οι κορεσμένοι μονοαιθέρες ονομάζονται ως αλκοξυαλκάνια.
Π.χ. $CH_3–O–CH_2–CH_3$ μεθοξυαιθάνιο

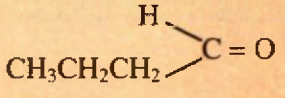
Παράδειγμα 6.1

Να βρεθούν οι συντακτικοί τύποι των καρβονυλικών ενώσεων με μοριακό τύπο C_4H_8O.

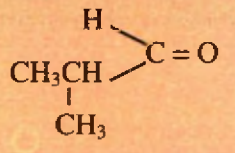
ΑΠΆΝΤΗΣΗ

Σ' αυτόν τον τύπο αντιστοιχούν οι αλδεΰδες και οι κετόνες, οπότε έχουμε:

Αλδεΰδες:

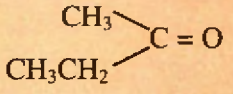


βουτανάλη



μεθυλοπροπανάλη

Κετόνες:



βουτανόνη

Εφαρμογή

Να βρεθούν οι συντακτικοί τύποι των καρβονυλικών ενώσεων με μοριακό τύπο C_3H_6O.

6.5 Ανάλυση των οργανικών ενώσεων

Ποιοτική και ποσοτική στοιχειακή ανάλυση

Η χημική ανάλυση είναι το σύνολο των εργασιών που γίνονται για τον προσδιορισμό της χημικής σύστασης μιας ένωσης. Η χημική ανάλυση περιλαμβάνει την ποιοτική και ποσοτική στοιχειακή ανάλυση. Η ποιοτική ανάλυση μας επιτρέπει να προσδιορίσουμε τα στοιχεία που περιέχονται στην ένωση. Με την ποσοτική ανάλυση προσδιορίζονται οι μάζες των στοιχείων που περιέχονται σε ορισμένη μάζα της ένωσης και απ' αυτές η εκατοστιαία περιεκτικότητα της ένωσης σε κάθε στοιχείο.

Οι οργανικές ενώσεις περιέχουν όλες άνθρακα, σχεδόν όλες υδρογόνο, οι περισσότερες οξυγόνο και πολλές άζωτο. Εκτός από τα τέσσερα αυτά στοιχεία, αρκετές οργανικές ενώσεις περιέχουν αλογόνο, θείο και σε μικρότερο ποσοστό P, Fe, Mg και άλλα στοιχεία.

Ανίχνευση C και H

Η «άγνωστη» ουσία, αφού καθαριστεί από κάθε ξένη πρόσμειξη θερμαίνεται σε δοκιμαστικό σωλήνα με ποσότητα οξειδίου Cu(II), CuO. Αν υπάρχει C, αυτός καίγεται προς CO_2, το οποίο διαβιβάζεται σε σωλήνα που περιέχει διαυγές ακόρεστο διάλυμα $Ca(OH)_2$, οπότε σχηματίζεται

αδιάλυτο $CaCO_3$ (υπό μορφή θολώματος). Η παρουσία θολώματος είναι ένδειξη ότι η ένωση περιέχει άνθρακα.
Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα είναι οι εξής:

$$C + 2CuO \rightarrow CO_2 + 2Cu$$

$$CO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CaCO_3(s) + H_2O \quad \text{(λευκό ίζημα)}$$

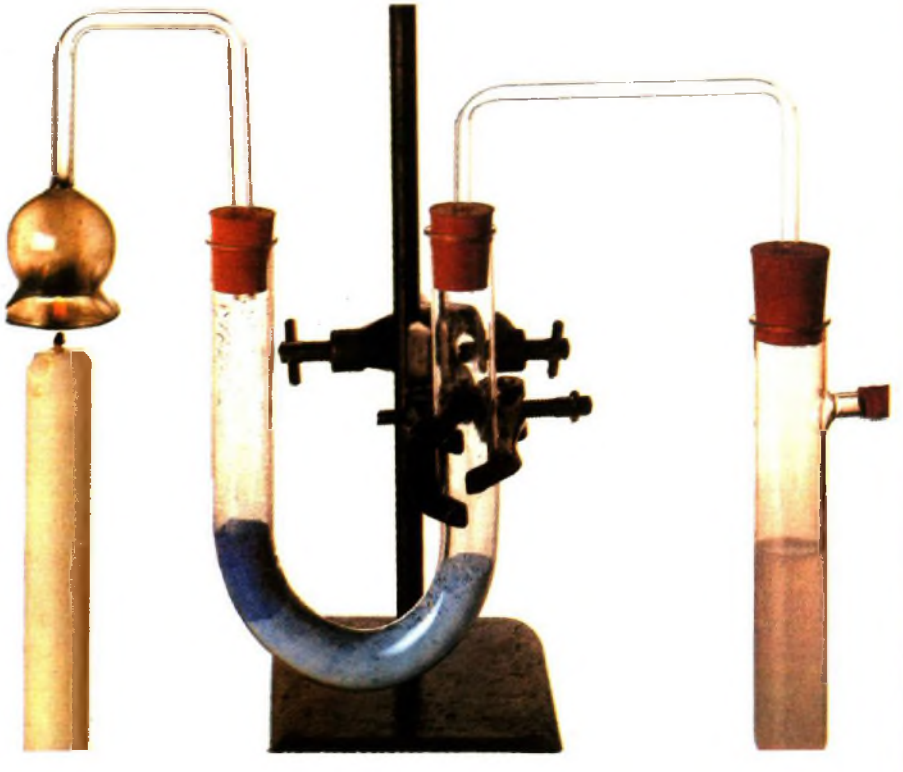
Αν στην άγνωστη ένωση περιέχεται υδρογόνο, αυτό καίγεται προς H_2O, το οποίο εμφανίζεται με τη μορφή σταγονιδίων στα ψυχρότερα μέρη του σωλήνα μέσα στον οποίο γίνεται η θέρμανση. Η αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι:

$$H_2 + CuO \rightarrow Cu + H_2O \quad \text{(σταγονίδια)}$$

Η παρουσία σταγονιδίων είναι ένδειξη, ότι η άγνωστη ένωση περιέχει υδρογόνο.

Ποσοτικός προσδιορισμός των στοιχείων

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό του άνθρακα και του υδρογόνου καίγεται ορισμένη (ζυγισμένη) ποσότητα της ένωσης. Τότε, το μεν υδρογόνο μετατρέπεται σε H_2O, το οποίο δεσμεύεται συνήθως με αφυδατική ουσία π.χ. θειικός χαλκός ($CuSO_4$), πυκνό διάλυμα H_2SO_4 κ.λ.π, ο δε άνθρακας μετατρέπεται σε CO_2, το οποίο δεσμεύεται από διάλυμα βάσης π.χ. KOH. Από τις μάζες του H_2O και του CO_2 που συλλέγονται υπολογίζεται η εκατοστιαία περιεκτικότητα της οργανικής ένωσης σε C και H.



ΣΧΗΜΑ 6.4 Πειραματική διάταξη για τον ποσοτικό προσδιορισμό C και H σε κερί (οργανική ένωση). Οι H_2O (*g*) δεσμεύονται από $CuSO_4$ (μπλε στερεό) και το CO_2 από διάλυμα KOH.

Παράδειγμα 6.2

0,3 g οργανικής ουσίας εισάγονται σε κατάλληλη συσκευή που περιέχει επαρκή ποσότητα CuO. Η ουσία θερμαίνεται στους 600 °C. Ο άνθρακας και το υδρογόνο που περιέχονται σε αυτή καίγονται και σχηματίζουν 0,88 g CO_2 και 0,54 g H_2O. Ποια είναι η εκατοστιαία περιεκτικότητα της ένωσης σε άνθρακα και υδρογόνο;

ΛΥΣΗ

Τα 44 g CO_2 περιέχουν 12 g C

$$\frac{}{0{,}88g} = \frac{}{x} \quad \text{ή}$$

x = 0,24 g.

Τα 18g H_2O περιέχουν 2g H

$$\frac{}{0{,}54g} = \frac{}{y} \quad \text{ή}$$

y = 0,06g.

Επομένως 0,3 g ουσίας περιέχουν 0,24 g C και 0,06g H

$$\frac{}{100g} = \frac{}{\varphi} = \frac{}{\omega}$$

φ = 80 g, C και ω = 20 g H

Δηλαδή, η ένωση περιέχει 80% C και 20% H.

Εφαρμογή

4,6 g οργανικής ουσίας, που περιέχει C, H και O, εισάγονται σε κατάλληλη συσκευή που περιέχει περίσσεια CuO σε υψηλή θερμοκρασία. Η ουσία καίγεται και τα καυσαέρια περιέχουν 8,8 g CO_2 και 5,4 g H_2O. Ποια είναι η εκατοστιαία περιεκτικότητα της ένωσης σε άνθρακα, υδρογόνο και οξυγόνο;

52,17% - 13,04% - 34,78%

Εύρεση του χημικού τύπου οργανικής ένωσης

Για να ταυτοποιήσουμε μία «άγνωστη» οργανική ένωση θα πρέπει να προσδιορίσουμε το συντακτικό της τύπο. Για το σκοπό αυτό ακολουθούμε την εξής διαδικασία:

- *Κάνουμε ποιοτική στοιχειακή ανάλυση, δηλαδή βρίσκουμε από ποια στοιχεία αποτελείται η ένωση.*
- *Κάνουμε ποσοτική στοιχειακή ανάλυση, δηλαδή βρίσκουμε την % κατά βάρος σύσταση (εκατοστιαία σύσταση) της ένωσης σε κάθε στοιχείο. Στη συνέχεια προσδιορίζουμε τον εμπειρικό τύπο της ένωσης.*
- *Προσδιορίζουμε τη σχετική μοριακή μάζα της ουσίας με διάφορες μεθόδους. Από τον εμπειρικό τύπο και τη σχετική μοριακή μάζα της ουσίας προσδιορίζεται ο μοριακός τύπος της.*
- *Τέλος, με βάση το μοριακό τύπο της ουσίας βρίσκουμε τους δυνατούς συντακτικούς τύπους της ένωσης και με βάση τη χημική συμπεριφορά*

της «άγνωστης» ένωσης (π.χ. όξινος χαρακτήρας) καταλήγουμε στην ταυτοποίησή της. Η τελευταία αυτή εργασία προϋποθέτει ότι γνωρίζουμε τη χημική συμπεριφορά των οργανικών ενώσεων. Το θέμα αυτό θα αναπτύξουμε εκτενώς σε επόμενα κεφάλαια.

Εύρεση του εμπειρικού τύπου οργανικής ένωσης

Ο εμπειρικός τύπος δείχνει από ποια στοιχεία αποτελείται η ένωση και ποια είναι η αναλογία ατόμων στο μόριο αυτής. Δηλαδή, αν μία ένωση είναι υδρογονάνθρακας και η αναλογία ατόμων C και H είναι 1 προς 3, ο εμπειρικός τύπος της ένωσης είναι: $(CH_3)_v$. Για να βρούμε τον εμπειρικό τύπο μιας ένωσης, αρκεί να βρούμε πόσα mol ατόμων από κάθε στοιχείο περιέχονται σε ορισμένη μάζα της ένωσης.

Παράδειγμα 6.3

Κατά τη στοιχειακή ανάλυση βρέθηκε ότι υδρογονάνθρακας περιέχει 75% C και 25% H. Να βρεθεί ο εμπειρικός τύπος της ένωσης.

ΛΥΣΗ

Σε 100g της ένωσης περιέχονται 75 g C και 25 g H. Υπολογίζουμε πόσα mol ατόμων C και H περιέχονται σε 100 g ένωσης.

$$\frac{1 \text{ mol C είναι } 12g}{x} = \frac{}{75g} \qquad \frac{1 \text{ mol H είναι } 1 \text{ g}}{y} = \frac{}{25 \text{ g}}$$

x = 75/12 mol = 6,25 mol y = 25/1 mol = 25 mol

Διαιρούμε τους αριθμούς των mol ατόμων που βρήκαμε με το μικρότερό τους, για να βρούμε την απλούστερη ακέραιη αναλογία.

C: 6,25 mol $\rightarrow \frac{6,25}{6,25} = 1$

H: 25 mol $\rightarrow \frac{25}{6,25} = 4$

άρα ο εμπειρικός τύπος είναι $(CH_4)_v$.

Παρατήρηση: Αν μετά τη διαίρεση δε βρούμε ακέραιους αριθμούς, τότε πολλαπλασιάζουμε όλους τους αριθμούς με τον ίδιο, όσο το δυνατό μικρότερο ακέραιο, ώστε να προκύψουν ακέραιοι αριθμοί.

Εφαρμογή

Κατά την ποσοτική ανάλυση βρέθηκε ότι ένωση περιέχει 40% C, 6,67% H και 53,33% O. Να βρεθεί ο εμπειρικός τύπος της ένωσης.

$(CH_2O)_v$

Εύρεση του μοριακού τύπου οργανικής ένωσης

Μοριακός τύπος χημικής ένωσης είναι ο χημικός τύπος που δείχνει τον ακριβή αριθμό των ατόμων των διαφόρων στοιχείων στο μόριο της ένωσης.

Παράδειγμα 6.4

Η στοιχειακή ανάλυση έδειξε, ότι 0,46 g δείγματος οργανικής ένωσης αποτελείται από C, H, και O και ότι κατά την καύση της ίδιας ποσότητας παράγονται 0,88 g CO_2 και 0,54 g H_2O. Η ένωση έχει M_r =46. Ποιος είναι ο μοριακός τύπος της ένωσης και ποιοι είναι οι δυνατοί συντακτικοί τύποι αυτής;

ΛΥΣΗ

Στην άσκηση αυτή ανακεφαλαιώνουμε ό,τι περίπου μάθαμε στο κεφάλαιο αυτό.

α. Από τη στοιχειακή ανάλυση βρίσκουμε τις ποσότητες άνθρακα και υδρογόνου που περιέχονται στα 0,46g της ένωσης:

Τα 44 g CO_2 περιέχουν 12 g C

0,88 g x

ή x = 0,24 g

Τα 18 g H_2O περιέχουν 2 g H

0,54 g y

ή y = 0,06 g.

Αθροίζουμε τις ποσότητες C και H : 0,24 g + 0,06 g = 0,3 g.

Η ένωση ζυγίζει 0,46 g. Επομένως 0,46 g - 0,3 g = 0,16 g είναι η ποσότητα του οξυγόνου.

β. Βρίσκουμε τον εμπειρικό τύπο της ένωσης:

C: $\frac{0,24}{12}\,\text{mol} = 0,02\,\text{mol} \longrightarrow \frac{0,02}{0,01} = 2$

H: $\frac{0,06}{1}\,\text{mol} = 0,06\,\text{mol} \longrightarrow \frac{0,06}{0,01} = 6$

O: $\frac{0,16}{16}\,\text{mol} = 0,01\,\text{mol} \longrightarrow \frac{0,01}{0,01} = 1$

άρα ο εμπειρικός τύπος της ένωσης είναι: $(C_2H_6O)_v$.

γ. Από τον εμπειρικό τύπο $(C_2H_6O)_v$ με τη βοήθεια του σχετικής μοριακής μάζας υπολογίζουμε v =1, και ο μοριακός τύπος είναι C_2H_6O.

δ. Η ένωση ανήκει στο γενικό τύπο $C_vH_{2v+2}O$. Είναι αλκοόλη ή αιθέρας. Οι δυνατοί συντακτικοί τύποι είναι: CH_3CH_2OH αιθανόλη ή CH_3OCH_3 διμεθυλαιθέρας. Αν γνωρίζαμε τις ιδιότητες αυτών των ουσιών, θα μπορούσαμε να διακρίνουμε αν η άγνωστη ένωση είναι αλκοόλη ή αιθέρας.

Εφαρμογή

Η στοιχειακή ανάλυση έδειξε ότι 0,58 g οργανικής ένωσης αποτελούνται από C, H και O και ότι κατά την καύση της ίδιας ποσότητας οργανικής ένωσης παράγονται 1,32 g CO_2 και 0,54 g H_2O. Η ένωση έχει σχετική μοριακή μάζα 58. Ποιος είναι ο μοριακός τύπος της ένωσης και ποιοι είναι οι δυνατοί συντακτικοί τύποι της;

C_3H_6O

Ανακεφαλαίωση

1. Οργανική χημεία ονομάζεται ο κλάδος της χημείας που μελετά όλες τις ενώσεις του άνθρακα, εκτός το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και τα ανθρακικά άλατα .
2. Οι δεσμοί που σχηματίζει ο C με άλλα στοιχεία ή με άλλα άτομα C είναι ισχυροί, λόγω της ηλεκτρονιακής δομής και της μικρής ατομικής ακτίνας του C.
3. Οι οργανικές ενώσεις διακρίνονται σε κορεσμένες και ακόρεστες, καθώς και σε κυκλικές και άκυκλες.
4. Ομόλογη σειρά ονομάζεται ένα σύνολο οργανικών ενώσεων των οποίων τα μέλη έχουν τα εξής κοινά χαρακτηριστικά:
   α. ίδιο γενικό μοριακό τύπο
   β. ανάλογη σύνταξη και ίδια χαρακτηριστική ομάδα
   γ. παρόμοιες χημικές ιδιότητες
   δ. οι φυσικές τους ιδιότητες μεταβάλλονται ανάλογα με τη σχετική μοριακή τους μάζα και τη θέση της χαρακτηριστικής ομάδας
   ε. παρόμοιες παρασκευές.
   στ. κάθε μέλος διαφέρει από το προηγούμενο και το επόμενό του κατά $-CH_2-$
5. Οι κορεσμένες μονοσθενείς ρίζες, που έχουν γενικό τύπο $C_νH_{2ν+1}-$, ονομάζονται αλκύλια και συμβολίζονται με R–.
6. Μερικοί βασικοί κανόνες που έχει θεσπίσει η IUPAC για την ονομασία των άκυκλων οργανικών ενώσεων είναι:
   α. Αν μία ένωση έχει χαρακτηριστική ομάδα, διπλό (ή τριπλό) δεσμό και διακλαδώσεις, η αρίθμηση της κύριας αλυσίδας ξεκινά από το άκρο το πλησιέστερο: πρώτα στη χαρακτηριστική ομάδα, μετά στον πολλαπλό δεσμό και μετά στις διακλαδώσεις.
   β. Οι ομάδες –COOH και –CH=O καταλαμβάνουν πάντα τη θέση 1 της ανθρακικής αλυσίδας, γι' αυτό δε χρειάζεται ο καθορισμός της θέσης τους
   γ. Οι διακλαδώσεις είναι συνήθως αλκύλια. Τα ονόματα των διακλαδώσεων προτάσσονται του κυρίως ονόματος, με αλφαβητική σειρά, με αριθμούς που καθορίζουν τις θέσεις τους
7. Συντακτική ισομέρεια έχουμε, όταν δύο ενώσεις έχουν τον ίδιο μοριακό αλλά διαφορετικό συντακτικό τύπο.
8. Στερεοϊσομέρεια έχουμε, όταν δύο ενώσεις έχουν τον ίδιο συντακτικό αλλά διαφορετικό στερεοχημικό τύπο.
9. Η συντακτική ισομέρεια διακρίνεται σε ισομέρεια αλυσίδας, θέσης και ομόλογης σειράς.
10. Η χημική στοιχειακή ανάλυση είναι το σύνολο των εργασιών που γίνονται για τον προσδιορισμό της χημικής σύστασης μιας ένωσης και περιλαμβάνει την ποιοτική και ποσοτική στοιχειακή ανάλυση.
11. Για να προσδιορίσουμε το συντακτικό τύπο μιας ένωσης εκτελούμε τις ακόλουθες εργασίες:
    α. ποιοτική στοιχειακή ανάλυση
    β. ποσοτική στοιχειακή ανάλυση
    γ. προσδιορισμός της σχετικής μοριακής μάζας της ένωσης
    δ. μελέτη της χημικής συμπεριφοράς της ένωσης.

Λέξεις – κλειδιά

κορεσμένες ενώσεις	στερεοϊσομέρεια
ακόρεστες ενώσεις	ποιοτική ανάλυση
άκυκλες ενώσεις	ποσοτική ανάλυση
κυκλικές ενώσεις	εμπειρικός τύπος
ομόλογη σειρά	μοριακός τύπος
συντακτική ισομέρεια	συντακτικός τύπος

Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα

Ερωτήσεις επανάληψης

1. Τι μελετά η Οργανική Χημεία;

2. Πού οφείλεται ο μεγάλος αριθμός των οργανικών ενώσεων;

3. Ποιες οργανικές ενώσεις λέγονται κορεσμένες και ποιες ακόρεστες;

4. Ποιες οργανικές ενώσεις λέγονται ισοκυκλικές;

5. α. Τι ονομάζεται ομόλογη σειρά;
β. Τι δείχνει ο εμπειρικός, ο μοριακός και ο συντακτικός τύπος;

6. Ποιες ενώσεις ονομάζονται συντακτικά ισομερείς και ποιες στερεοϊσομερείς;

7. Ποια είναι τα είδη της συντακτικής ισομέρειας;

8. Τι ονομάζεται ποιοτική και τι ποσοτική στοιχειακή ανάλυση;

9. Ποια είναι η σειρά των εργασιών που κάνουμε για να προσδιορίσουμε το συντακτικό τύπο μιας ένωσης;

Ασκήσεις - Προβλήματα

α. Ταξινόμηση οργανικών ενώσεων – Ισομέρεια - Ονοματολογία

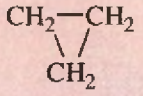
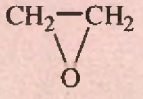
10. Να γράψετε τη χημική εξίσωση της αντίδρασης με την οποία παρασκευάσθηκε η πρώτη οργανική ένωση στο εργαστήριο και να ονομάσετε όλες τις ενώσεις που συμμετέχουν στην αντίδραση αυτή.

11. Να συμπληρώσετε τις προτάσεις:
α. Άκυκλες ονομάζονται οι ενώσεις .....
β. Κυκλικές ονομάζονται οι ενώσεις .....

γ. Ισοκυκλικές ονομάζονται .....

δ. Ετεροκυκλικές ονομάζονται .....

12. Να αντιστοιχίσετε σε κάθε τύπο της πρώτης στήλης την κατηγορία που ανήκει η ένωση και αναγράφεται στη δεύτερη στήλη.

	Άκυκλη κορεσμένη
$CH_3CH_2CH_3$	Άκυκλη ακόρεστη
	Ισοκυκλική
$CH{\equiv}CH$	Ετεροκυκλική

13. Ο γενικός τύπος για τους κορεσμένους υδρογονάνθρακες είναι:

α. C_vH_{2v+2} β. C_vH_{2v}

γ. C_vH_{2v-2} δ. C_2H_{2v+2}

14. Ο γενικός τύπος για τις κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες είναι:

α. $C_vH_{2v}OH$ β. $C_vH_{2v+1}OH$

γ. $C_2H_{2v+1}OH$ δ. $C_vH_{2v-1}OH$

15. Να αντιστοιχίσετε σε κάθε συντακτικό τύπο της πρώτης στήλης την ομόλογη σειρά που αναφέρεται στη δεύτερη στήλη και να ονομάσετε την κάθε ένωση.

$CH_3CH{=}CH_2$	αλκίνιο
$CH_3CH(CH_3)CH_3$	αλκένιο
$CH_2{=}CH{-}CH{=}CH_2$	αλκαδιένιο
$CH_3CH(CH_3)C{\equiv}CH$	αλκάνιο

16. Να γράψετε τους συντακτικούς τύπους για τις ακόλουθες ενώσεις: αιθάνιο, προπένιο, 1-βουτίνιο, 1,3-πενταδιένιο, 2-βουτανόλη.

17. Να αντιστοιχίσετε σε κάθε τύπο της πρώτης στήλης το όνομα της ένωσης που αναφέρεται στη δεύτερη στήλη.

$CH_3CH_2CH_3$	1-βουτένιο
$CH_3CH_2CH{=}CH_2$	1,3-βουταδιένιο
$CH_3CH(OH)CH_3$	2-προπανόλη
$CH_2{=}CHCH{=}CH_2$	3-μεθυλο-1-βουτίνιο
$CH_3CH(CH_3)C{\equiv}CH$	προπάνιο

18. Να γράψετε τους συντακτικούς τύπους για τις ακόλουθες ενώσεις:
α. χλωροαιθάνιο β. 2-μεθυλοβουτάνιο γ. προπανικό οξύ,
δ. 2-βρωμοπροπανάλη ε. αιθυλομεθυλαιθέρας. στ. 1-βουτανόλη

19. Οι άκυκλες ενώσεις με μοριακό τύπο C_5H_{10} είναι:
α. 3 β. 4 γ. 5 δ. 6

20. Τι είναι η συντακτική ισομέρεια; Ποια είναι τα κυριότερα είδη της συντακτικής ισομέρειας; Να αναφέρετε ένα παράδειγμα ισομερών ενώσεων σε κάθε περίπτωση.

21. Ποια από τις επόμενες ενώσεις είναι ακόρεστη;
α. 2-προπανόλη γ. προπάνιο
β. προπένιο δ. 2-μεθυλοβουτανικό οξύ

22. Να διατάξετε κατά αυξανόμενη σχετική μοριακή μάζα (M_r) όσες από τις παρακάτω ενώσεις είναι οργανικές:
α. προπένιο β. διοξείδιο του άνθρακα γ. αιθανόλη
δ. ανθρακικό νάτριο ε. αιθανάλη

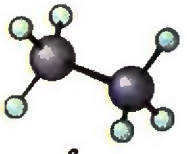
23. Ενώσεις που έχουν τον ίδιο μοριακό τύπο αλλά διαφορετικό συντακτικό τύπο είναι:
α. πολυμερείς β. ισομερείς
γ. ισότοπες δ. ισοβαρείς

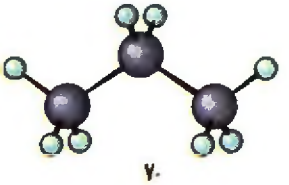
24. Να αντιστοιχίσετε σε κάθε ένωση που αναφέρεται στην πρώτη στήλη μία ισομερή της που υπάρχει στη δεύτερη στήλη.

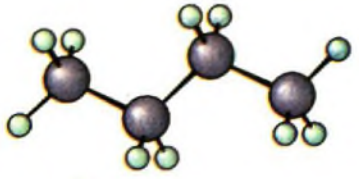
$CH_3C{\equiv}CH$	CH_3OCH_3
CH_3CH_2OH	CH_3COOCH_3
CH_3CH_2CHO	$CH_2{=}C{=}CH_2$
CH_3CH_2COOH	CH_3COCH_3

25. Να ονομάσετε τα παρακάτω αλκάνια τα οποία δίνονται σε μορφή μοριακών μοντέλων. Τι παρατηρείτε με βάση τη απεικόνιση αυτή;

α.


β.


γ.


δ.

ε.

26. Να γράψετε τα ονόματα για τις ακόλουθες ενώσεις:

$CH_3CH{=}CH_2$ $\quad$ $CH_3\underset{\underset{OH}{|}}{C}HCH_3$ $\quad$ $CH_3\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}HC{\equiv}CH$

$CH_3CH_2CH_2CHO$ $\quad$ $CH_2{=}\underset{\underset{Cl}{|}}{C}CH{=}CH_2$ $\quad$ CH_3COOH

$CH_3\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}H\underset{\underset{OH}{|}}{C}HCH_3$ $\quad$ CH_3OCH_3 $\quad$ $CH_3CH_2COCH_3$

27. Οι ρίζες με τον τύπο C_4H_9- είναι:

α. 1 $\quad$ β. 2 $\quad$ γ. 3 $\quad$ δ. 4

28. Σε ποιον από τους ακόλουθους μοριακούς τύπους αντιστοιχούν περισσότεροι από ένας συντακτικοί;

α. C_3H_8 $\quad$ β. C_2H_4 $\quad$ γ. C_2H_5Cl $\quad$ δ. C_4H_{10}

29. Σε ποια ή σε ποιες ομόλογες σειρές μπορούν να ανήκουν οι ενώσεις με τους παρακάτω μοριακούς τύπους:

C_2H_6	C_4H_6	$C_2H_4O_2$
C_2H_6O	C_3H_6	
C_3H_6O	C_2H_5Cl	

30. Να γράψετε όλους τους συντακτικούς τύπους των παρακάτω οργανικών ενώσεων και τα αντίστοιχα ονόματά τους.

α. Αλκένια με 5 άτομα άνθρακα στο μόριό τους

β. Κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες με 5 άτομα άνθρακα στο μόριό τους

γ. Κορεσμένα μονοκαρβοξυλικά οξέα με 4 άτομα άνθρακα στο μόριό τους

δ. Υδρογονάνθρακες με μοριακό τύπο C_4H_6.

31. Να γράψετε το γενικό τύπο για 8 διαφορετικές ομόλογες σειρές, το πρώτο μέλος για κάθε ομόλογη σειρά, και το όνομα κάθε ένωσης.

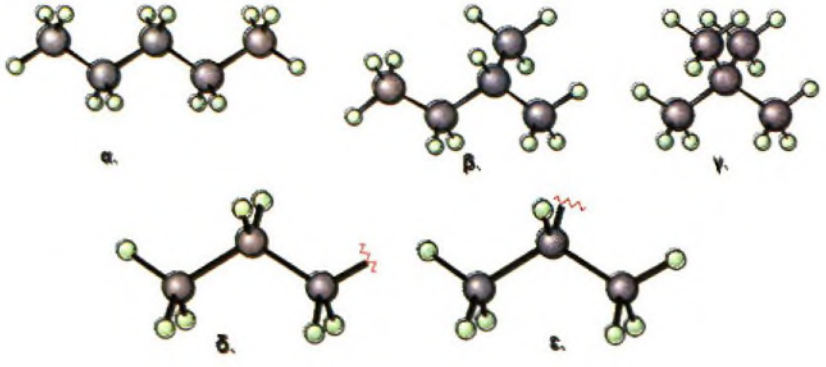
* **32.** Να βρείτε τους συντακτικούς τύπους:
α. της κετόνης με τη μικρότερη σχετική μοριακή μάζα (M_r)
β. του κορεσμένου μονοκαρβοξυλικού οξέος στο οποίο η μάζα του οξυγόνου στο μόριό του είναι οκταπλάσια της μάζας του υδρογόνου.

α. CH_3COCH_3 β. CH_3COOH

33. Γιατί είναι απαραίτητο να χρησιμοποιούνται οι συντακτικοί τύποι για το συμβολισμό των οργανικών ενώσεων;

34. Σε ποια περίπτωση ο συντακτικός τύπος δεν αποκαλύπτει την ταυτότητα της οργανικής ένωσης;

35. Να ονομάσετε τις παρακάτω ουσίες (υδρογονάνθρακες και αλκύλια). Ποιες απ΄ αυτές είναι ισομερείς και τι ισομέρεια εμφανίζουν;



β. Ανάλυση οργανικών ενώσεων

36. Να αναπτύξετε τη διαδικασία με την οποία μπορούμε να προσδιορίσουμε το μοριακό τύπο μιας ουσίας.

37. Τι πληροφορίες παρέχουν ο εμπειρικός, ο μοριακός και ο συντακτικός χημικός τύπος; Να δώσετε από ένα παράδειγμα.

38. Πού αποβλέπει η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση μιας ένωσης;

39. Πώς γίνεται ο ποιοτικός προσδιορισμός του άνθρακα και του υδρογόνου στις οργανικές ενώσεις;

40. Να διατάξετε κατά σειρά αυξανομένης % κατά βάρος περιεκτικότητας σε C τις ενώσεις με τους παρακάτω μοριακούς τύπους:
α. C_4H_8 β. C_3H_4 γ. C_6H_6 δ. C_2H_6

41. Υδρογονάνθρακας περιέχει 80% κ.β. C. Ποιος είναι ο εμπειρικός τύπος του υδρογονάνθρακα;

$(CH_3)_v$

42. 9 g ουσίας περιέχουν 2,4 g C, 6,4 g O, και 0,2 g H. Ποιος είναι ο εμπειρικός τύπος της ουσίας;

$(CHO_2)_v$

43. Υδρογονάνθρακας που λαμβάνεται με κλασματική απόσταξη πετρελαίου, περιέχει 16% κ.β. H και έχει M_r = 100. Ο μοριακός τύπος του υδρογονάνθρακα είναι:

α. C_7H_{16} β. C_3H_8 γ. CH_4 δ. C_2H_4

C_2H_4

*** 44.** Αέριο αλκένιο έχει πυκνότητα 1,24 g/L σε θερμοκρασία 30 °C και πίεση 1,1 atm. Να βρεθεί ο μοριακός τύπος και η ονομασία του. Δίνεται ότι: R = 0,082 L·atm K^{-1}·mol^{-1}.

CH_4

*** 45.** Όταν καούν 4 g ενός αέριου υδρογονάνθρακα με άφθονο οξυγόνο, παράγονται διοξείδιο του άνθρακα και 9 g υδρατμών. Βρέθηκε ακόμα ότι ίδια ποσότητα από τον υδρογονάνθρακα αυτό καταλαμβάνει όγκο σε STP 5,6 L. Να καθοριστεί ο μοριακός τύπος του υδρογονάνθρακα.

*** 46.** Να σημειώσετε ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες.

α. Κάθε οργανική ένωση περιέχει άνθρακα και αντιστρόφως, κάθε χημική ένωση που περιέχει άνθρακα είναι οργανική.

β. Όλα τα αλκένια έχουν την ίδια % κατά βάρος περιεκτικότητα σε άνθρακα.

γ. Αν δύο υδρογονάνθρακες έχουν στο μόριό τους τον ίδιο αριθμό ατόμων άνθρακα, είναι ισομερείς.

δ. Οι υδρογονάνθρακες CH_2=CH-CH=CH_2 και CH_3C≡C-CH_3 είναι ισομερή ομόλογης σειράς.

ε. Δεν υπάρχει οργανική ένωση που να ονομάζεται αιθανόνη.

στ. Αν τα μόρια 2 οργανικών ενώσεων διαφέρουν κατά 1 άτομο C και 2 άτομα H, τότε οι δύο αυτές ενώσεις ανήκουν στην ίδια ομόλογη σειρά.

47. Να βρεθεί ο μοριακός τύπος οργανικής ένωσης της οποίας η κατά βάρος σύσταση είναι: 2,1% H, 12,8% C και 85,1% Br. Από το πείραμα βρέθηκε ότι 1 g των ατμών της ένωσης αυτής σε πίεση 765 mmHg και θερμοκρασία 140 °C καταλαμβάνει όγκο 179 cm^3.

1 atm= 760 mmHg
R=0,082 L·atm·$mol^{-1}$$K^{-1}$

$C_2H_4Br_2$

*** 48.** Η ασπιρίνη (Aspirin) είναι σήμερα το πιο συνηθισμένο και απλό παυσίπονο και αντιπυρετικό. Το κύριο συστατικό της είναι το ακετυλοσαλικυλικό οξύ. Ένα κουτί περιέχει 20 δισκία ασπιρίνης συνολικής μάζας 12 g, από τα οποία το 83,33% είναι καθαρό ακετυλοσαλικυλικό οξύ. Από ανάλυση όλου του περιεχομένου, βρέθηκε ότι στη συγκεκριμένη ποσότητα του ακετυλοσαλικυλικού οξέος υπάρχουν 6 g C, 0,44 g H και το υπόλοιπο είναι οξυγόνο. Αν η σχετική μοριακή μάζα του ακετυλοσαλικυλικού οξέος είναι 180, να βρεθεί ο μοριακός του τύπος.

$C_9H_8O_4$

49. Να σημειώσετε ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λανθασμένες.

α. Το προπάνιο είναι κορεσμένος υδρογονάνθρακας.

β. Το 1-βουτίνιο είναι ισομερές με το 1-βουτένιο.

γ. Τρία είναι τα ισομερή με μοριακό τύπο C_5H_{12}.

δ. Η προπανάλη είναι ακόρεστη ένωση.

ε. Ο γενικός τύπος των κορεσμένων μονοσθενών αλκοολών είναι $C_vH_{2v}OH$.

στ. Η ένωση $CH_3\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}HCH_2CH_3$ ονομάζεται 3-μεθυλοβουτάνιο

ζ. Η ένωση $CH_3\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}HCH_2\underset{\underset{OH}{|}}{C}HCH_3$ ονομάζεται 4-μεθυλο-2-πεντανόλη

η. Η προπανάλη είναι ισομερής με την προπανόνη.

θ. 10 g αιθενίου και 10 g αιθανίου καταλαμβάνουν τον ίδιο όγκο σε πρότυπες συνθήκες.

ι. Το 2,3-διμεθυλοβουτάνιο είναι κυκλική ένωση.

Απαντήσεις στις ασκήσεις πολλαπλής επιλογής και σωστού-λάθους

13. α

14. β

19. γ

21. β

22. προπένιο – αιθανάλη – αιθανόλη

23. β

27. δ

28. δ

43. α

46. α. Λ, β. Σ, γ. Λ, δ. Σ, ε. Σ, στ. Λ

49. α. Σ, β. Λ, γ. Σ, δ. Λ, ε. Λ, στ. Λ, ζ. Σ, η. Σ, θ. Λ, ι. Λ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΓΕΝΙΚΟ ΜΕΡΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

10. Βλέπε θεωρία παρ. 6.1.

11. Βλέπε θεωρία σελ. 176 και 177.

12. CH_2–CH_2 ισοκυκλική
CH_2

$CH_3CH_2CH_3$ → άκυκλη κορεσμένη

CH_2–CH_2 → ετεροκυκλική
O

HC≡CH άκυκλη ακόρεστη.

13. α.

14. β.

15. $CH_3CH{=}CH_2$ αλκένιο

CH_3CHCH_3 αλκάνιο
|
CH_3

$CH_2{=}CHCH{=}CH_2$ αλκαδιένιο

$CH_3CHC{\equiv}CH$ αλκίνιο
|
CH_3

16. αιθάνιο: CH_3CH_3, προπένιο: $CH_2{=}CHCH_3$,
1-βουτίνιο: $CH{\equiv}CCH_2CH_3$,
1,3-πενταδιένιο: $CH_2{=}CHCH{=}CH{-}CH_3$,
2-βουτανόλη: $CH_3CHCH_2CH_3$.
|
OH

17. $CH_3CH_2CH_3$ → προπάνιο, $CH_3CH_2CH{=}CH_2$ → 1-βουτένιο,

CH_3CHCH_3
|
OH → 2-προπανόλη,

$CH_2{=}CHCH{=}CH_2$ → 1,3, βουταδιένιο,

$$\begin{array}{l} CH_3CHC{\equiv}CH \\ \quad\;\; | \\ \quad CH_3 \end{array} \rightarrow \text{3-μέθυλο-1-βουτίνιο.}$$

18. α. CH_3CH_2Cl β. $CH_3\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}HCH_2CH_3$ γ. CH_3CH_2COOH

δ. $CH_3\underset{\underset{Br}{|}}{C}HCHO$ ε. $CH_3CH_2OCH_3$ στ. $CH_3CH_2CH_2CH_2OH$

19. γ.

20. Βλέπε θεωρία παρ. 6.4.

21. β.

22. Προπένιο - αιθανάλη - αιθανόλη

23. β.

24. $CH_3C{\equiv}CH \rightarrow CH_2{=}C{=}CH_2$
$CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3OCH_3$
$CH_3CH_2CHO \rightarrow CH_3COCH_3$
$CH_3CH_2COOH \rightarrow CH_3COOCH_3$

25. α. μεθάνιο, β. αιθάνιο, γ. προπάνιο, δ. βουτάνιο, ε. μεθυλοπροπάνιο.

26. $CH_3CH{=}CH_2$: προπένιο, $CH_3\underset{\underset{OH}{|}}{C}HCH_3$: 2-προπανόλη

$CH_3\underset{\underset{CH_3}{|}}{C}HC{\equiv}CH$: 3-μεθυλο-1-βουτίνιο ή μεθυλοβουτίνιο,

$CH_3CH_2CH_2CHO$: βουτανάλη,

$CH_2\underset{\underset{Cl}{|}}{C}{-}CH{=}CH_2$: 2-χλωρο-1,3-βουταδιένιο,

CH_3COOH : αιθανικό οξύ (οξικό οξύ),

$CH_3CHCHCH_3$: 3-μεθυλο -2-βουτανόλη,
| |
CH_3 OH
CH_3OCH_3 : διμεθυλαιθέρας,
$CH_3CH_2COCH_3$: βουτανόνη.

27. δ.

28. δ.

29. C_2H_6 : αλκάνια, C_4H_6 : αλκίνια ή αλκαδιένια,
$C_2H_4O_2$: κορεσμένα μονοκαρβοξυλικά οξέα ή εστέρες,
C_2H_6O : κορεσμένες μονοσθενείς αλκοόλες ή κορεσμένοι μονοαιθέρες.
C_3H_6 : αλκένια, C_3H_6O : κορεσμένες αλδεΰδες ή κορεσμένες κετόνες,
C_2H_5Cl : αλκυλαλογονίδια.

30. α) $CH_3CH_2CH_2CH{=}CH_2$: 1-πεντένιο
$CH_3CH_2CH{=}CHCH_3$: 2-πεντένιο
$CH_2{=}CCHCH_3$: 2-μεθυλο-1-βουτένιο
|
CH_3
$CH_3CHCH{=}CH_2$: 3-μεθυλο-1-βουτένιο
|
CH_3
$CH_3C{=}CHCH_3$: 2-μεθυλο-2-βουτένιο.
|
CH_3

β) $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2OH$
1-πεντανόλη

$CH_3CH_2CHCH_2CH_3$
|
OH
3-πεντανόλη

$CH_3CH_2CHCH_2OH$
|
CH_3
2-μεθυλο-1-βουτανόλη

$CH_3CH_2CH_2CHCH_3$
|
OH
2-πεντανόλη

OH
|
$CH_3CH_2CCH_3$
|
CH_3
2-μεθυλο-2-βουτανόλη

$CH_3CHCHCH_3$ (OH, CH_3) — 3-μεθυλο-2-βουτανόλη

$CH_2CH_2CHCH_3$ (OH, CH_3) — 3-μεθυλο-1-βουτανόλη

CH_3CCH_2OH (CH_3, CH_3) — διμεθυλοπροπανόλη

γ) $CH_3CH_2CH_2COOH$ βουτανικό οξύ

$CH_3CHCOOH$ (CH_3) μεθυλοπροπανικό οξύ

δ) στο γενικό τύπο $C_νH_{2ν-2}$ αντιστοιχούν αλκίνια και αλκαδιένια

αλκίνια: $CH_3CH_2C{\equiv}CH$ 1-βουτίνιο, $CH_3C{\equiv}CCH_3$ 2-βουτίνιο

αλκαδιένια: $CH_2{=}C{=}CHCH_3$ 1,2-βουταδιένιο, $CH_2{=}CHCH{=}CH_2$ 1,3-βουταδιένιο

31. αλκάνιο: $C_νH_{2ν+2}$, CH_4 μεθάνιο

αλκένιο: $C_νH_{2ν}$, C_2H_4 αιθένιο
αλκίνιο: $C_νH_{2ν-2}$, C_2H_2 αιθίνιο
αλκαδιένιο: $C_νH_{2ν-2}$, C_3H_4 προπαδιένιο
αλκοόλη κορεσμένη μονοσθενής: $C_νH_{2ν+1}OH$, CH_3OH μεθανόλη
οξύ κορεσμένο μονοκαρβοξυλικό: $C_νH_{2ν+1}COOH$, $HCOOH$ μεθανικό οξύ
αλκυλαλογονίδιο: $C_νH_{2ν+1}X$, CH_3Cl χλωρομεθάνιο
αλδεΰδη κορεσμένη: $C_νH_{2ν+1}CHO$, $HCHO$ μεθανάλη

32. α) Ο γενικός τύπος των κετόνων $C_νH_{2ν}O$ με $ν \geq 3$. Άρα η κετόνη με το μικρότερο M_r είναι για ν=3 άρα C_3H_6O, δηλαδή CH_3COCH_3.

β) Ο γενικός τύπος των κορεσμένων μονοκαρβοξυλικών οξέων είναι $C_νH_{2ν}O_2$ $m_O=8m_H$ ή $32=8\cdot 2ν$ ή ν=2, δηλαδή CH_3COOH.

33. Βλέπε θεωρία παρ. 6.3 και 6.4.

34. Βλέπε θεωρία παρ. 6.4.

35. α) πεντάνιο β) μεθυλοβουτάνιο γ) διμεθυλοπροπάνιο
δ) προπύλιο και ε) ισοπροπύλιο.
Ισομερή αλυσίδας είναι τα α, β και γ. Ισομερή είναι τα αλκύλια δ και ε.

36. Βλέπε θεωρία παρ. 6.5.

37. Βλέπε θεωρία παρ. 6.5 και 6.3.

38. Βλέπε θεωρία παρ. 6.5.

39. Βλέπε θεωρία παρ. 6.5.

40. δ) 80% α)85,71% β) 90% γ) 92,3%.

41. C 80/12=6,66 | : 6,66 → 1
H 20/1=20 → 3
άρα ο εμπειρικός τύπος είναι $(CH_3)_ν$.

42. C 2,4/12=0,2 | : 0,2 → 1
H 0,2/1=0,2 → 1
O 6,4/16=0,4 → 2
Άρα ο εμπειρικός τύπος είναι $(CHO_2)_ν$.

43. α.

44. $PV= (m/Mr)\ RT$ ή $M_r=mRT/PV$ ή $M_r=ρRT/P$
ή M_r=(1,24 g· L^{-1}· 0,082 L· atm· K^{-1}· mol^{-1}· 303 K)/ 1,1 atm ή M_r=28.
Εμπειρικός τύπος: $C_νH_{2ν}$ άρα 14ν=28 ή ν=2 άρα C_2H_4.

45. Στα 18 g H_2O τα 2 g H
9 g ;m_H άρα m_H=1 g
$m_C=m_{ολ}-m_H$=3 g
Έχουμε C: 3/12=0,25 | : 0,25 → 1
H: 1/1=1 → 4
Εμπειρικός τύπος: $(CH_4)_ν$
22,4 L M_r g | άρα M_r=16
5,6 L 4 g

Από τον εμπειρικό τύπο C_vH_{4v} έχουμε M_r=16ν
δηλαδή 16ν=16 ή ν=1.
Άρα ο μοριακός τύπος είναι CH_4.

46. α Λ, β Σ, γ Λ, δ Σ, ε Σ, στ Λ.

47. Από την εκατοστιαία σύσταση έχουμε:

C	12,8/12=1,06		→ 1
H	2,1/1=2,1	:1,06	→ 2
Br	85,10/80=1,06		→ 1

Άρα ο εμπειρικός τύπος της ένωσης είναι $(CH_2Br)_v$.
Η σχετική μοριακή μάζα θα υπολογιστεί από την καταστατική εξίσωση των αερίων με P=765/ 760 atm=1,006atm, V=0,179L και T= 413 K και από τον τύπο M_r= mRT/PV έχουμε M_r =188,06
Όμως από τον εμπειρικό τύπο $C_vH_{2v}Br_v$ έχουμε M_r=94ν δηλαδή 94ν=188,06 ή ν=2, δηλαδή ο μοριακός τύπος είναι $C_2H_4Br_2$.

48. $m_{οξυ}$=(83,33/ 100)· 12 g=10 g και m_O=10 g-(6-0,44) g =3,56 g.

C	6/12=0,5		→ 2,25	πολλαπλασιάζουμε
H	0,44/1=0,44	: 0,2225	→ 2	με το 4
O	3,56/16=0,2225		→ 1	

και έχουμε $(C_9H_8O_4)_v$ και από τον τύπο αυτό M_r=180ν και έχοντας M_r=180 βρίσκουμε ότι ν=1, άρα ο μοριακός τύπος είναι $C_9H_8O_4$.

49. α Σ, β Λ, γ Σ, δ Λ, ε Λ, στ Λ, ζ Σ, η Σ, θ Λ, ι Λ.

7

ΒΙΟΜΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΜΟΡΙΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

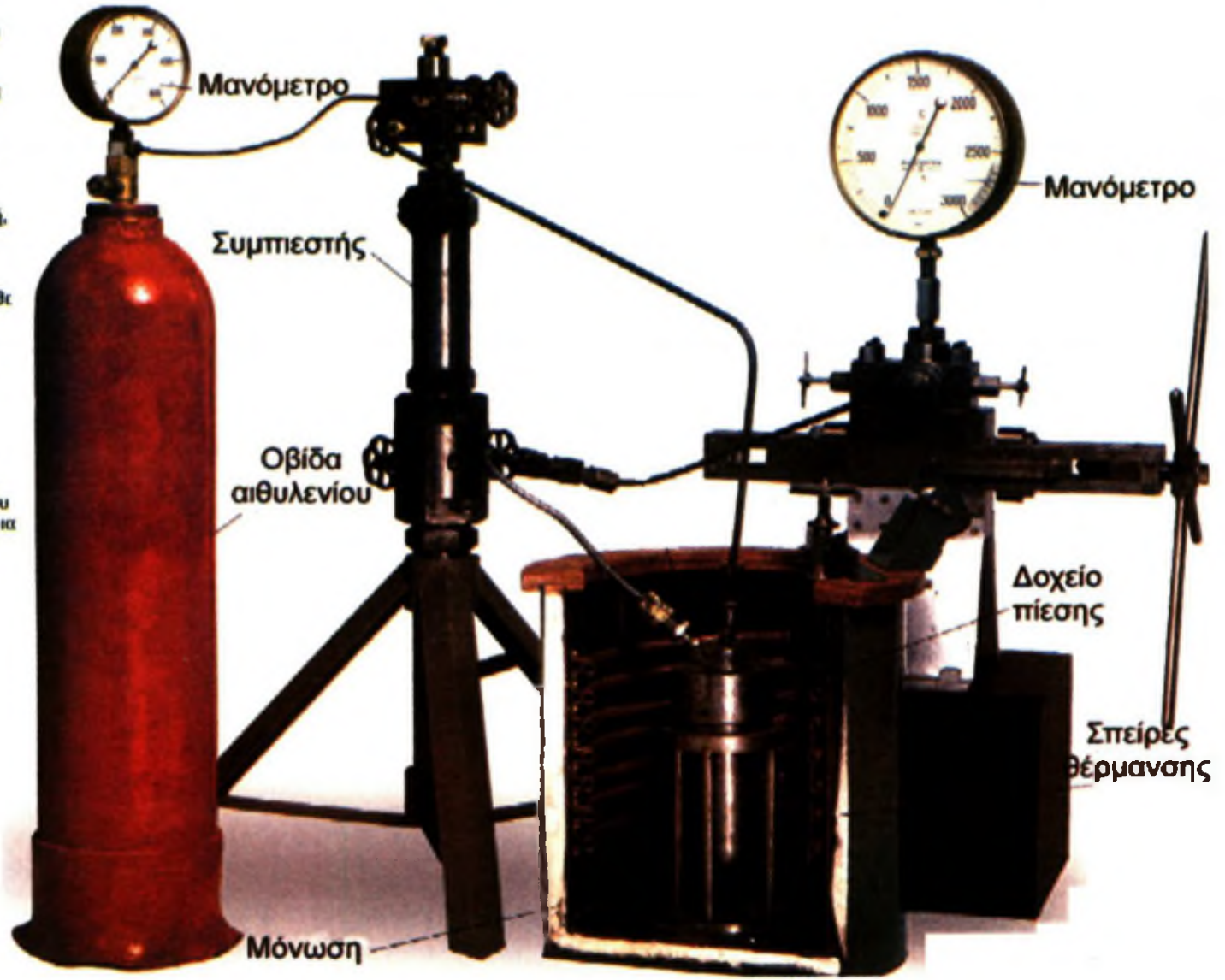
7.1 Υδατάνθρακες
7.2 Λίπη - έλαια - σαπούνια - απορρυπαντική δράση
7.3 Πρωτεΐνες
7.4 Πολυμερή - πλαστικά
7.5 Υφάνσιμες ίνες
Ερωτήσεις - προβλήματα

ΟΙ ΣΤΟΧΟΙ

Στο τέλος της διδακτικής αυτής ενότητας θα πρέπει να μπορείς:

- Να ταξινομείς τους υδατάνθρακες σε κατηγορίες, επισημαίνοντας τις διαφορές που εμφανίζουν ανάλογα με τη χημική τους συμπεριφορά.
- Να παρουσιάζεις το βιοχημικό ρόλο και τη θρεπτική αξία των υδατανθράκων.
- Να ταξινομείς τα λίπη και έλαια σε κατηγορίες και να παρουσιάζεις το βιοχημικό τους ρόλο και τη θρεπτική τους αξία.
- Να εξηγείς την απορρυπαντική δράση των σαπουνιών και να εκθέτεις τα μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα τους σε σχέση με τα συνθετικά απορρυπαντικά.
- Να αναφέρεις τα δομικά συστατικά των πρωτεϊνών (αμινοξέα) και να παρουσιάζεις το βιοχημικό ρόλο των πρωτεϊνών.
- Να ταξινομείς τα διάφορα είδη πρωτεϊνών ανάλογα με το λειτουργικό τους ρόλο.
- Να ταξινομείς τα πολυμερή σε κατηγορίες ανάλογα με τις ιδιότητες που έχουν.
- Να περιγράφεις τα διάφορα είδη ινών (φυσικές - συνθετικές), εκθέτοντας τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα τους.

Η ιστορική διάταξη του πειράματος για την παρασκευή του πολυαιθυλενίου το 1933 από τους Gibson και Fawcett σε συνθήκες υψηλής πίεσης. Αυτό έκανε τη μέθοδο απαγορευτική για βιομηχανική παραγωγή, ενώ παράλληλα έδινε προϊόν χαμηλής ποιότητας.
Αρκετά χρόνια μετά ήρθε η επανάσταση στη βιομηχανίας των πλαστικών από τους Ziegler και Natta οι οποίοι βελτίωσαν τη μέθοδο με χρήση καταλυτών. Το παραγόμενο πολυαιθυλένιο σήμερα έχει μεγάλη αντοχή, που μπορεί να φτάσει τα όρια του χάλυβα



7 ΒΙΟΜΟΡΙΑ ΚΑΙ ΑΛΛΑ ΜΟΡΙΑ

Εισαγωγή

Η χημεία είναι κατά κύριο λόγο μία μοριακή επιστήμη, αφού ασχολείται με τη μελέτη των μορίων. Τα περισσότερα από τα μόρια των ενώσεων που έχουν ως τώρα αναφερθεί είναι απλά, αφού αποτελούνται από λίγα σχετικά, άτομα. Ίσως σε παράλληλες σπουδές π.χ. βιολογία, έχει αναφερθεί το DNA το οποίο είναι ένα γιγάντιο μόριο που ελέγχει την κληρονομικότητα. Υπάρχει όμως ένας μεγάλος αριθμός *φυσικών*, *συνθετικών* και *τεχνητών* μεγαλομορίων με τεράστια σημασία. Έτσι το *άμυλο*, η *κυτταρίνη* και οι *πρωτεΐνες* παίζουν μεγάλο ρόλο στη διαδικασία της ζωής. Από την άλλη πλευρά το *φυσικό ελαστικό* έχει μεγάλη τεχνολογική και εμπορική σημασία.

Ο άνθρωπος χρησιμοποίησε μερικές από τις φυσικές μεγαλομοριακές ενώσεις, όπως το άμυλο και τις πρωτεΐνες, από την αρχή της εμφάνισής του στον πλανήτη, εδώ και μερικές χιλιάδες χρόνια. Άρχισε να χρησιμοποιεί και άλλες τέτοιες ενώσεις, όπως ξύλο, βαμβάκι, μαλλί και ελαστικό, σχετικά πρόσφατα στην ιστορική του πορεία. Αυτά και άλλες μεγαλομοριακές ενώσεις συνεισέφεραν σημαντικά στην προώθηση του πολιτισμού ικανοποιώντας τις ανάγκες του ανθρώπου για τροφή, ένδυση και στέγη.

Ο άνθρωπος για αιώνες ήταν ευχαριστημένος χρησιμοποιώντας αυτές τις ουσίες όπως του τις προμήθευε η Φύση. Με την ανάπτυξη όμως της *δομικής θεωρίας* της οργανικής χημείας κατά τα μέσα του 19ου αιώνα, οι χημικοί άρχισαν να αναρωτιούνται τι ήταν αυτό που έδινε στα φυσικά αυτά υλικά τέτοιες ασυνήθιστες ιδιότητες. Το ξύλο, το βαμβάκι, το ελαστικό και το μετάξι έχουν, σε κυμαινόμενο βαθμό βέβαια, ιδιότητες όπως σκληρότητα, ελαστικότητα, αντοχή στον ελκυσμό, χημική αδράνεια. Αν η δομή τους μπορούσε να διευκρινιστεί ίσως οι χημικοί να ήταν σε θέση να επινοήσουν και να συνθέσουν νέα υλικά με ακόμη «καλύτερες» ιδιότητες.

Οι πρώτες έρευνες πάνω στη δομή αυτών των υλικών έδειξαν ότι αυτή η δομή ήταν απίστευτα «πολύπλοκη». Το να τα μελετήσει μάλιστα κανείς στη στερεά κατάσταση εκείνη την εποχή ήταν πολύ δύσκολο, μια και οι *υγροχημικές τεχνικές* απαιτούσαν τη διάλυσή τους, πράγμα ιδιαίτερα δύσκολο. Πήρε αρκετά χρόνια προσεκτικών ερευνών, ώστε να έλθει η απάντηση, που από πρώτη όψη φαίνεται «απλή». Εκείνο το οποίο έκανε τις ενώσεις αυτές – τόσο δύσκολες στη μελέτη τους αλλά με τόσο ενδιαφέρουσες ιδιότητες – να έχουν κοινά χαρακτηριστικά ήταν η δομή τους. Βρέθηκε ότι όλες αυτές αποτελούνται από «γιγαντιαία μόρια» με μέσες σχετικές μοριακές μάζες (μοριακά βάρη) χιλιάδες ακόμη και εκατομμύρια.

...Το κυριότερο στη γνώση και στην επιστήμη των υλικών είναι να συνειδητοποιήσει κανείς ότι οι ιδιότητες όλων των τύπων των υλικών είναι συνέπεια της δομής τους ...
...Τώρα πια η μικροδομή και οι μακροσκοπικές ιδιότητες μπορούν να συσχετίζονται....
...Οι ιδιότητες των υλικών μπορούν πια να σχεδιάζονται και όχι απλώς να αναζητούνται από τα υπάρχοντα υλικά ...

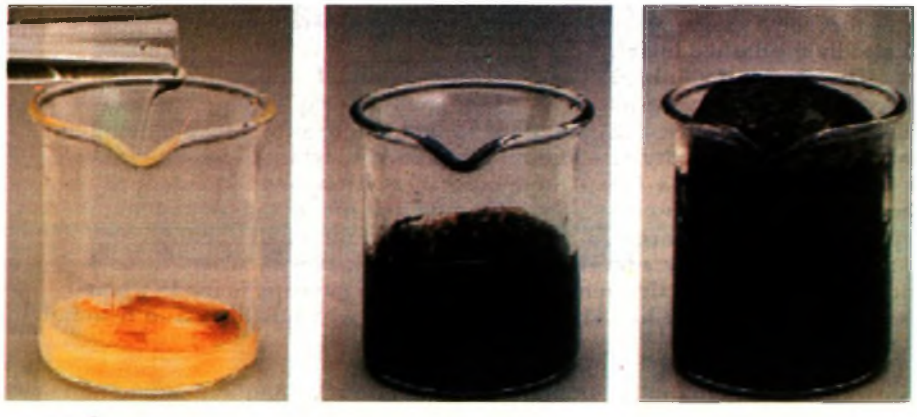
Απόσπασμα του άρθρου "Giant molecules" από το Περιοδικό Scientific American 9-1967.

Πήρε ακόμα αρκετά χρόνια επίπονων ερευνών, ώστε να πιστοποιηθεί η δομή ορισμένων μεγαλομοριακών ενώσεων. Μετά το 1930 πάντως, οι χημικοί ανέλυσαν ένα σχετικά μεγάλο αριθμό από αυτές και άρχισαν να καταλαβαίνουν ότι αυτά τα μεγαλομόρια ήταν φτιαγμένα από κάποια αρχικά, απλά «δομικά blocks» ή δομικές μονάδες. Το άμυλο π.χ. αλλά και η κυτταρίνη βρέθηκε ότι δημιουργούνται από τη συνένωση μεγάλου αριθμού μορίων γλυκόζης. Η δομική δηλαδή μονάδα τους είναι το μόριο της γλυκόζης, $C_6H_{12}O_6$. Έτσι άνοιξε ο δρόμος τόσο για την επινόηση νέων υλικών σε μίμηση και επέκταση της Φύσης όσο και για την αποκάλυψη της δομής των παλαιών και των νέων υλικών.

7.1 Υδατάνθρακες

Κατάταξη των υδατανθράκων

Η κατηγορία των ενώσεων που είναι γνωστή ως υδατάνθρακες πήρε αυτή τη γενική ονομασία από κάποιες αρχικές παρατηρήσεις που έδειχναν ότι συχνά έχουν το γενικό τύπο $C_x(H_2O)_\psi$. Θεωρήθηκαν δηλαδή «ενυδατωμένοι άνθρακες».



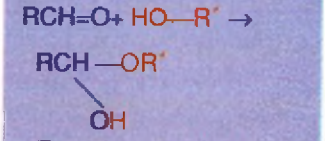
ΣΧΗΜΑ 7.1 Αφυδάτωση ζάχαρης με θειικό οξύ. Στη φωτογραφία φαίνεται η πλήρης απανθράκωση της ζάχαρης που δικαιολογεί το χαρακτηρισμό υδατάνθρακας.

Οι απλοί υδατάνθρακες είναι επίσης γνωστοί και ως *σάκχαρα* ή *σακχαρίτες* (από το Λατινικό saccharum = ζάχαρη), μια και έχουν γλυκιά γεύση. Στην ίδια αιτία οφείλεται και η κατάληξη *–όζη* στο όνομα των περισσοτέρων από αυτούς. Έτσι υπάρχουν ονόματα όπως *σακχαρόζη* για την συνηθισμένη ζάχαρη, *γλυκόζη* για το κύριο ζάχαρο του αίματος και *μαλτόζη* για το ζάχαρο της βύνης.

Μία άλλη ταξινόμηση, πιο ορθολογική αυτή την φορά, μια και αποδίδει την ή τις χαρακτηριστικές ομάδες, είναι εκείνη η οποία στηρίζεται στον ορισμό: **υδατάνθρακες είναι πολυυδροξυαλδεΰδες ή πολυυδροξυκετόνες ή καλύτερα ενώσεις που υδρολυόμενες δίνουν πολυυδροξυαλδεΰδες ή πολυυδροξυκετόνες**. Παρόλο που η διάκριση αυτή

• Υπάρχουν ουσίες με έντονα γλυκιά γεύση που δεν είναι σάκχαρα, όπως τα συνθετικά γλυκαντικά *σακχαρίνη* και *ντουλσίνη* ($C_2H_5O—C_6H_5—NH—CO-NH_2$) Υδατικό διάλυμα σακχαρίνης είναι 300 φορές πιο γλυκό από διάλυμα ζάχαρης της ίδιας συγκέντρωσης.

• Μία ημιακετάλη προκύπτει με βάση την παρακάτω αντίδραση



• Για πολυσακχαρίτες οι οποίοι προκύπτουν από *εξόζες* ισχύει γενικά:
ν mol $C_6H_{12}O_6$ δίνουν 1mol πολυσακχαρίτη
και
(ν-1) mol H_2O
π.χ. για τρισακχαρίτη (ν=3) από γλυκόζη έχουμε:
$3\ C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_{18}H_{32}O_{16} + 2H_2O$.

στηρίζεται στις χαρακτηριστικές ομάδες, δεν είναι πλήρως ικανοποιητική. Και αυτό διότι οι περιεχόμενες ομάδες C = O(καρβονύλιο) και -OH είναι κατά κύριο λόγο με μορφή *ημιακεταλών* ή *ακεταλών* (ή *ημικεταλών* και *κεταλών* αντίστοιχα για πολυυδροξυκετόνες).

Μία επιπλέον ταξινόμηση στηρίζεται στα προϊόντα της υδρόλυσης των υδατανθράκων. Έτσι **οι υδατάνθρακες οι οποίοι δεν υδρολύονται σε μικρότερους, απλούστερους υδατάνθρακες λέγονται μονοσακχαρίτες**. Υδατάνθρακες όταν υδρολύονται δίνουν ανά μόριό τους δύο μόρια μονοσακχαριτών ονομάζονται **δισακχαρίτες**. Εκείνοι που δίνουν τρία μόρια **τρισακχαρίτες** κ.ο.κ. Υδατάνθρακες οι οποίοι υδρολυόμενοι δίνουν 2 έως 10 μόρια μονοσακχαριτών καλούνται επίσης **ολιγοσακχαρίτες**. Αν δίνουν μεγάλο (>10) αριθμό μονοσακχαριτών, χαρακτηρίζονται **πολυσακχαρίτες**.

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται μερικοί συνηθισμένοι υδατάνθρακες με την ονομασία, τη δομή και την προέλευσή τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.1 Χαρακτηριστικά παραδείγματα υδατανθράκων

Όνομα	Κατηγορία	Δομή	Απαντάται
Γλυκόζη	Μονοσακχαρίτης Αλδοεξόζη	$C_6H_{12}O_6$	Σε φυτά και ζώα
Φρουκτόζη	Μονοσακχαρίτης Κετοεξόζη	$C_6H_{12}O_6$	Φρούτα και μέλι
Σακχαρόζη	Δισακχαρίτης	Γλυκόζη — Φρουκτόζη	Σακχαροκάλαμο, παντζάρια
Μαλτόζη	Δισακχαρίτης	Γλυκόζη — Γλυκόζη	Βύνη
Λακτόζη	Δισακχαρίτης	Γλυκόζη — Γαλακτόζη	Γάλα
Άμυλο	Πολυσακχαρίτης	Αλυσίδα μονάδων γλυκόζης	Πατάτα, σιτάρι, αλεύρι
Κυτταρίνη	Πολυσακχαρίτης	Αλυσίδα μονάδων γλυκόζης	Ξύλο, βαμβάκι

Οι υδατάνθρακες είναι το πλέον άφθονα διαδεδομένο οργανικό υλικό των φυτών. Είναι η κύρια πηγή ενέργειας των ζώντων οργανισμών (σάκχαρα και άμυλο). Πέρα από αυτό όμως, στα φυτά και σε ορισμένα ζώα χρησιμοποιούνται ως το βασικό συστατικό του σκελετικού ιστού (κυτταρίνη). Αυτή είναι η βασική αποστολή της κυτταρίνης, που βρίσκεται στο ξύλο, στο βαμβάκι, στο λινάρι.

Συναντάμε τους υδατάνθρακες σε όλες τις δραστηριότητες της καθημερινής μας ζωής. Το χαρτί αυτού του βιβλίου είναι φτιαγμένο κατά κύριο λόγο από κυτταρίνη. Το ίδιο και το βαμβάκι των ρούχων μας και το ξύλο κάθε οικοδομής. Το αλεύρι από το οποίο φτιάχνεται το ψωμί εί-

Ένας μονοσακχαρίτης (γλυκόζη), ένας δισακχαρίτης (ζάχαρη) και ένας πολυσακχαρίτης (άμυλο -αλεύρι)

Το μέλι είναι πυκνό διάλυμα σακχάρων με κύρια τα γλυκόζη και φρουκτόζη.

• Η ***γλυκόζη***, $C_6H_{12}O_6$, είναι μία αλδοεξόζη ενώ η ισομερής της **φρουκτόζη** είναι μία κετοεξόζη.

ναι κυρίως άμυλο, το οποίο επίσης είναι συστατικό πολλών τροφών, όπως η πατάτα, το ρύζι, τα φασόλια και τα μπιζέλια.

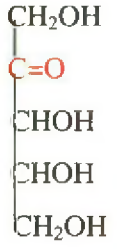
Κατάταξη των μονοσακχαριτών.

Οι μονοσακχαρίτες κατατάσσονται με βάση δύο κριτήρια :

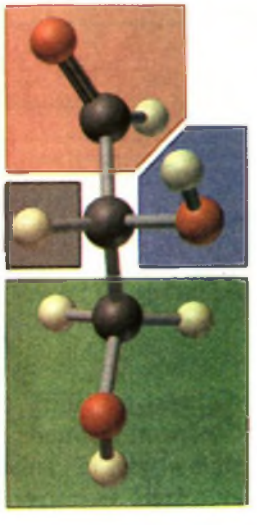
1. Τον **αριθμό των ατόμων C** που υπάρχουν στο μόριό τους και 2. Την **χαρακτηριστική ομάδα,** αν αυτή είναι αλδεύδο- ή κέτο- ομάδα. Έτσι ένας μονοσακχαρίτης που περιέχει 3 άτομα C είναι μία *τριόζη*, 4 C μία *τετρόζη* κ.ο.κ. Σημαντικές εδώ είναι οι *εξόζες* με 6 άτομα C.

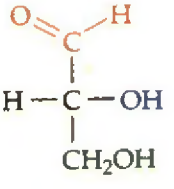
Αλδόζη είναι ένας μονοσακχαρίτης ο οποίος, πέρα των υδροξυομάδων, περιέχει και μία αλδεΰδομάδα. Αντίστοιχα, αν περιέχει μία κετονομάδα, είναι μία κετόζη. Αυτές οι δύο ταξινομήσεις συχνά συνδυάζονται. Έτσι π.χ. μία αλδόζη με 4 C είναι μία *αλδοτετρόζη*. Μία κετοπεντόζη θα είναι ένας υδατάνθρακας με μία κετονομάδα και με 5 C. Με ανεπτυγμένους δομικούς ή συντακτικούς τύπους θα είναι :

μία αλδοτετρόζη



μία κετοπεντόζη





D- γλυκεριναλδεΰδη

Ομάδες συνδεδεμένες με άτομα C2

1. —CHO
2. —H
3. —OH
4. —CH_2OH

ΣΧΗΜΑ 7.2 Μοριακό μοντέλο της απλούστερης αλδοτριόζης, που είναι η γλυκεριναλδεΰδη. Σ' αυτό φαίνονται οι χαρακτηριστικές ομάδες.

• Οι γενικότερες χημικές ιδιότητες των απλών σακχάρων είναι ένας συνδυασμός των ιδιοτήτων των αλκοολικών —OH και της καρβονυλομάδας —C=O.
|
Έτσι π.χ. με προσθήκη H_2 δίνουν (πολύ)αλκοόλες.

• Άλλη μία σημαντική ιδιότητα των σακχάρων είναι ότι υφίστανται **ζυμώσεις** (ενζυματικές διασπάσεις). Κυριότερες είναι η *γαλακτική* (με προϊόν το γαλακτικό οξύ) και η αλκοολική (με προϊόν την αιθανόλη). Οι πολυσακχαρίτες γενικά δε ζυμώνονται απ' ευθείας αλλά αφού διασπασθούν πρώτα με οξέα ή ένζυμα σε απλά σάκχαρα.

Αναγωγικές ιδιότητες των μονοσακχαριτών.

Από χημική σκοπιά, η κύρια ιδιότητα των μονοσακχαριτών είναι ο *αναγωγικός* χαρακτήρας τους. Αυτός οφείλεται στην παρουσία χαρακτηριστικών ομάδων που είναι γνωστές για τις αναγωγικές τους ιδιότητες, όπως π.χ. η αλδεΰδομάδα -CH=O.

Έτσι ένας αριθμός οξειδωτικών μέσων χρησιμοποιήθηκαν για την **ταυτοποίηση** των χαρακτηριστικών ομάδων των υδατανθράκων. Αυτά τα μέσα συνέβαλαν στην αποκάλυψη της δομής τους αλλά και στην **σύνθεσή** τους στο εργαστήριο. Μεταξύ αυτών σημαντικά είναι τα αντιδραστήρια των Fehling και Benedict (το οποίο είναι μία παραλλαγή του αντιδραστηρίου του Fehling) καθώς και του Tollens.

Τα αντιδραστήρια αυτά οξειδώνουν και συνεπώς δίνουν, κατά την κλασσική έκφραση, θετική αντίδραση (ή θετική δοκιμασία , test) με τις **αλδεΰδες** και τις *α-υδροξυκετόνες*. Συνεπώς, από τους υδατάνθρακες, αντιδρούν θετικά μόνο οι *αλδόζες* και οι *α-υδροξυκετόζες* (βλέπε κεφάλαιο 3).

Τα αντιδραστήρια *Fehling και Bebedict* ανάγονται προς ένα κεραμέρυθρο ίζημα από Cu_2O ($Cu^{2+} \rightarrow Cu^{+}$), όταν οξειδώνουν αλδεΰδες σε αλκαλικά διαλύματα. Οι α-υδρόξυ-κετόνες σε αλκαλικά διαλύματα μετατρέπονται σε αλδεΰδες και συνεπώς αντιδρούν και αυτές θετικά. Σχηματικά η αντίδραση είναι :

Cu^{2+} + αλδεΰδη ή αλδόζη → Cu_2O + προϊόντα οξείδωσης

Η δημιουργία λοιπόν του κεραμέρυθρου ιζήματος είναι μία αδιάψευστη ένδειξη θετικής αντίδρασης. Στην περίπτωση του αντιδραστηρίου του Tollens σχηματίζεται το λεγόμενο *κάτοπτρο αργύρου* .

Υδατάνθρακες οι οποίοι αντιδρούν θετικά με τα παραπάνω αντιδραστήρια λέγονται και *αναγωγικά σάκχαρα* (ή ανάγοντα σάκχαρα). Τέτοια είναι όσα στην δομή τους περιέχουν αλδεϋδομάδα ή α-υδρόξυκετοομάδα. Υδατάνθρακες οι οποίοι δεν αντιδρούν με αυτά λέγονται *μη αναγωγικά σάκχαρα* και δεν περιέχουν τις παραπάνω ομάδες.

Τα παραπάνω επώνυμα αντιδραστήρια έχουν σημαντική διαγνωστική αξία. Μάλιστα το αντιδραστήριο του Benedict χρησιμοποιείται και για ποσοτικούς προσδιορισμούς της γλυκόζης στο αίμα και στα ούρα.

Αναγωγικές ιδιότητες παρουσιάζουν τα απλά σάκχαρα και από τους ολιγοσακχαρίτες μόνο εκείνοι οι οποίοι έχουν ελεύθερο καρβονύλιο. Το καλαμοσάκχαρο π.χ. δεν είναι *αναγόμενο σάκχαρο*. Οι πολυσακχαρίτες δεν εμφανίζουν αναγωγικές ιδιότητες.

Φωτοσύνθεση και μεταβολισμός των υδατανθράκων.

Οι υδατάνθρακες συνθέτονται στα πράσινα φυτά με την *φωτοσύνθεση*. Αυτή είναι μία πολύπλοκη διαδικασία η οποία χρησιμοποιεί την ηλιακή

• Θερμίδες από διάφορες συνήθεις τροφές σε Kcal.

Μήλο (μεγάλο)	100
Μπίρα(ποτήρι)	115
Κόλα (ποτήρι)	105
Παγωτό (κύπελλο)	190
Milk shake	500
Hamburger	350
Μπριζόλα Χοιρινή	1000

ενέργεια, για να ανάγει ή να δεσμεύσει το CO_2. Η συνολική αντίδραση για τη φωτοσύνθεση, σχηματικά μόνο δίνεται από την:

$$x\ CO_2 + \psi\ H_2O + \text{ηλιακή ενέργεια} \rightarrow C_x(H_2O)_\psi + x\ O_2$$

Η φωτοσύνθεση είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο με πολλά ενδιάμεσα στάδια στα οποία χρησιμοποιούνται ένζυμα ως καταλύτες. Έχει λοιπόν ένα πολύπλοκο μηχανισμό ο οποίος δεν έχει γίνει πλήρως κατανοητός. Γνωρίζουμε πάντως ότι η φωτοσύνθεση ξεκινά με την απορρόφηση ηλιακού φωτός από την κύρια χρωστική των φυτών, την *χλωροφύλλη*. Το πράσινο χρώμα της και η δυνατότητα που έχει απ'αυτό ν' απορροφά στην ορατή περιοχή του ηλιακού φάσματος, οφείλονται κατά κύριο λόγο στη δομή της η οποία περιλαμβάνει εκτεταμένους *συζυγιακούς δεσμούς*. Καθώς τα φωτόνια του ηλιακού φωτός δεσμεύονται ή «παγιδεύονται» από τη χλωροφύλλη, απορροφάται και αποθηκεύεται ενέργεια από το φυτό με μορφή χημικής ενέργειας πια. Η ενέργεια αυτή χρησιμοποιείται για την αντίδραση μετατροπής - αναγωγής του CO_2 προς υδατάνθρακες και οξείδωσης του νερού προς O_2.

Οι υδατάνθρακες στα φυτά είναι η κύρια «αποθήκη» της ηλιακής ενέργειας και μέσω αυτών μεταφέρεται και στα ζώα ως τροφή. Η ενέργεια αυτή απελευθερώνεται, όταν τα ζώα ή τα φυτά *μεταβολίζουν* τους υδατάνθρακες προς CO_2 και νερό σύμφωνα με τη γενική σχηματική αντίδραση:

$$C_x(H_2O)_\psi + x\ O_2 \rightarrow x\ CO_2 + \psi\ H_2O + \text{ενέργεια}$$

Ο μεταβολισμός των υδατανθράκων είναι και αυτός με την σειρά του ένα σύνολο ενζυματικά καταλυομένων αντιδράσεων στις οποίες κάθε στάδιο- βήμα που δίνει ενέργεια (εξώθερμο ή καλύτερα *εξωεργονικό*) είναι μία οξείδωση (ο C από αριθμό οξείδωσης 0 αυξάνει προς το +4).

Παρόλο που ένα μέρος της ενέργειας η οποία απελευθερώνεται αναπόφευκτα μετατρέπεται σε θερμότητα, το μεγαλύτερο μέρος αυτής, μετατρέπεται σε μία νέα χημική μορφή. Αυτό επιτυγχάνεται με τη σύνθεση της *τριφωσφορικής αδενοσίνης* (**ATP**) από τη *διφωσφορική αδενοσίνη* (**ADP**) και ανόργανα άλατα του φωσφόρου. Η ενδοεργονική αυτή δράση παρίσταται ως:

$$ADP + P_{\alpha\nu.} \longrightarrow ATP - \text{ενέργεια}$$

Τα φυτά και τα ζώα χρησιμοποιούν την αποθηκευμένη ενέργεια του ATP, για να ικανοποιήσουν όλες τις διαδικασίες οι οποίες απαιτούν ενέργεια, όπως π.χ. μία μυϊκή δραστηριότητα.

Τρεις είναι οι κυριότεροι πολυσακχαρίτες που αποτελούν και οι τρεις πολυμερή της γλυκόζης: *το άμυλο, το γλυκογόνο και η κυτταρίνη*. Από αυτούς το άμυλο είναι η κύρια αποθηκευμένη τροφή στα φυτά. Το γλυκογόνο είναι η αποθηκευμένη μορφή υδατανθράκων στα ζώα. Η δε κυτταρίνη χρησιμοποιείται ως δομικό υλικό των φυτών.

• Παρόλο που υπάρχουν μικρές διαφορές στην θερμιδομετρική αξία 1g σακχάρων αποδίδει ≈4,0 kcal. έναντι 9,0 Kcal των λιπών.
Συνήθως η θερμιδομετρική αξία των τροφών υπολογίζεται από την περιεκτικότητά τους σε σάκχαρα, λίπη και πρωτεΐνες και από τον "κώδικα 4-4-9" σε Kcal ανά g αντίστοιχα.

7.2 Λίπη και έλαια

Εισαγωγή

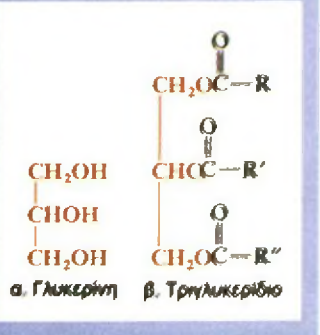
Όταν ένας ζωικός ή φυτικός ιστός εκχυλιστεί με ένα μη πολικό διαλύτη (π.χ.αιθέρα, χλωροφόρμιο, βενζόλιο ή κάποιο αλκάνιο), ένα μέρος από τον ιστό αυτό διαλύεται. Τα συστατικά αυτά, τα οποία διαλύονται σε αυτές τις συνθήκες λέγονται ***λιπίδια***.

Τα λιπίδια περιλαμβάνουν μία μεγάλη ποικιλία διαφορετικών ενώσεων όπως *καρβοξυλικά οξέα (ή λιπαρά οξέα)*, *τριεστέρες της γλυκερίνης ή τριγλυκερίδια* (ή *ουδέτερα λίπη*), *φωσφολιπίδια*, *γλυκολιπίδια*, *κηρούς*, *τερπένια*, *στεροειδή* και *προσταγλανίνες*. Στις παραγράφους που ακολουθούν θα εξεταστούν τα σημαντικότερα θέματα που αφορούν τα λίπη.

• Τα λιπίδια βλέπει κανείς ότι ορίζονται μέσα από την φυσική διαδικασία η οποία χρησιμοποιείται για την απομόνωσή τους και όχι από τη χημική δομή τους, όπως συμβαίνει στους υδατάνθρακες και στις πρωτεΐνες.

Λιπαρά οξέα και τριγλυκερίδια

Όπως είδαμε, μόνο ένα μικρό μέρος από το παραπάνω εκχύλισμα του ιστού αποτελείται από ελεύθερα καρβοξυλικά οξέα ενώ, το μεγαλύτερο μέρος είναι κυρίως εστέρες αυτών με *γλυκερίνη*, γνωστοί ως *γλυκερίδια ή τριγλυκερίδια* ή με πιο σύγχρονη ονοματολογία *γλυκερυλοαλκανοϊκοί (εστέρες)*. Τα πλέον συνήθη τριγλυκερίδια είναι εκείνα τα οποία έχουν καρβοξυλικά οξέα με μεγάλη ανθρακική αλυσίδα.



Τα τριγλυκερίδια αυτά είναι τα ***έλαια*** και τα ***λίπη*** φυτικής και ζωικής προέλευσης. Περιλαμβάνουν πολλές συσίες κοινής χρήσης, όπως φυστικέλαιο, ελαιόλαδο, σογιέλαιο, αραβοσιτέλαιο, βούτυρο, λαρδί και ξύγκι. Εκείνα τα τριγλυκερίδια που είναι υγρά σε θερμοκρασία δωματίου είναι γνωστά ως *έλαια*, ενώ εκείνα που είναι στερεά ονομάζονται συνήθως *λίπη*.

Λαρδί: το "beaon"

Τα καρβοξυλικά οξέα που προκύπτουν από την *υδρόλυση* των φυσικών λιπών και ελαίων έχουν συνήθως ευθεία αλυσίδα με άρτιο αριθμό ατόμων άνθρακα. Μεταξύ αυτών κυριότερα είναι εκείνα με 14, 16 και 18 C.

Στον πίνακα 7.2 δίνονται τα συνήθη λιπαρά οξέα με τα αντίστοιχα σημεία τήξης τους (μια και αυτά κανονίζουν και τη φυσική κατάσταση των εστέρων τους).

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.2 Συνήθη λιπαρά οξέα και τα σ.τ. αυτών

$CH_3(CH_2)_{12}COOH$ (54 °C)	μυριστικό οξύ (δεκατετρανικό οξύ)
$CH_3(CH_2)_{14}COOH$ (63 °C)	παλμιτικό οξύ(δεκαεξανικό οξύ)
$CH_3(CH_2)_{16}COOH$ (70 °C)	στεατικό οξύ(δεκαοκτανικό οξύ)
$CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$(4°C)	ελαϊκό οξύ (9-δεκαοκτενικό οξύ)

Σαπωνοποίηση των τριγλυκεριδίων

Σαπωνοποίηση των τριγλυκεριδίων είναι η υδρόλυσή τους σε αλκαλικό περιβάλλον π.χ. παρουσία NaOH ή KOH. Αυτή δίνει ως προϊόντα γλυκερίνη και ένα μίγμα αλάτων μακράς αλυσίδας καρβοξυλικών οξέων με Na ή K. Το μίγμα αυτό αποτελεί τους ***σάπωνες*** και οι αντιδράσεις σαπωνοποίησης είναι ο τρόπος με τον οποίο αυτοί παρασκευάζονται. Η αντίδραση δίνεται παρακάτω:

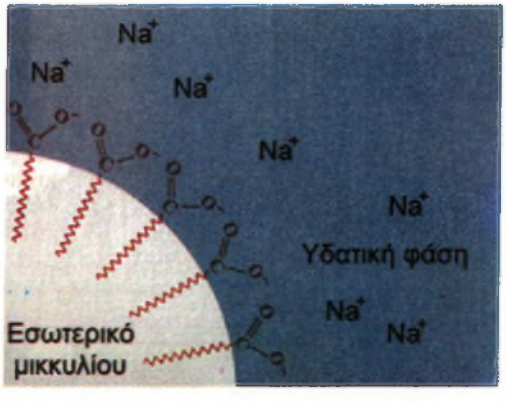
$$\begin{array}{l} CH_2OCOR \\ | \\ CHOCOR' \\ | \\ CH_2OCOR'' \end{array} + 3\,NaOH \rightarrow \begin{array}{l} CH_2OH \\ | \\ CHOH \\ | \\ CH_2OH \end{array} + \begin{array}{l} RCOONa \\ R'COONa \\ R''COONa \end{array}$$

γλυκερίνη σάπωνες

Έτσι, λίπη και έλαια βράζονται σε υδατικό διάλυμα NaOH μέχρι να υδρολυθούν πλήρως. Με προσθήκη NaCl στο μίγμα καθιζάνουν οι σάπωνες (εξαλάτωση). Μετά την απομάκρυνση των σαπώνων, η γλυκερίνη διαχωρίζεται από την υδατική φάση με *απόσταξη*. Προσθήκη αρωμάτων παράγει τα αρωματικά σαπούνια. Προσθήκη άμμου Na_2CO_3 και άλλων πληρωτικών υλικών δίνει τα σκληρά σαπούνια. Αν κατά την παρασκευή διοχετευθεί αέρας, παράγονται επιπλέοντα σαπούνια (αν αυτό επιθυμεί η αγορά ...).

Απορρυπαντική δράση των σαπώνων

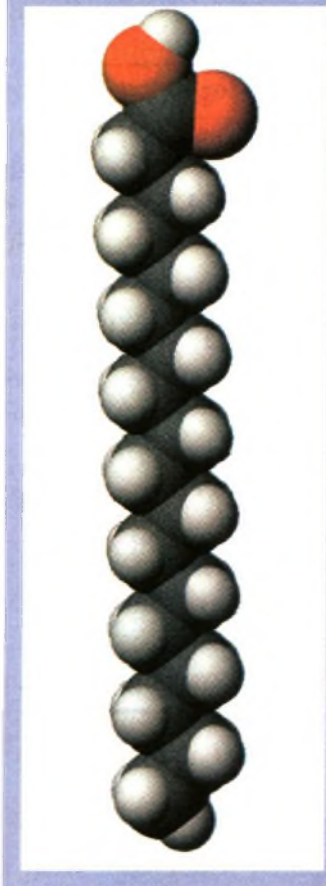
Τα σαπούνια είναι σχεδόν πλήρως αναμίξιμα -διαλυτά- με το νερό. Όμως ο μηχανισμός με τον οποίο διαλύονται είναι διαφορετικός από μία απλή διάσταση προς $RCOO^-$ και Na^+(αυτό συμβαίνει μόνο στα πολύ αραιά διαλύματα). Κατά τη διάλυσή τους τα σαπούνια σχηματίζουν ***μικκύλια*** (όπως στην περίπτωση των *κολλοειδών συστημάτων*).Τα μικκύλια των σαπώνων είναι συνήθως σφαιρικά συσσωματώματα καρβοξυλικών ιόντων τα οποία *διασπείρονται* στην υδατική φάση (σχήμα 7.3).



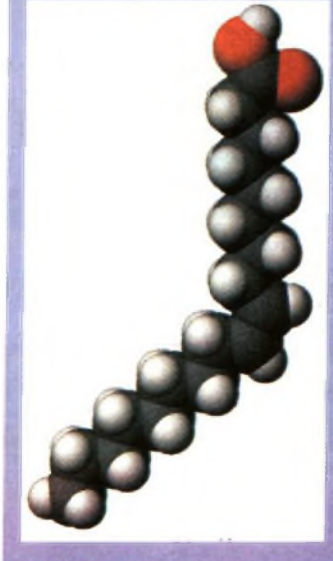
ΣΧΗΜΑ 7.3 Αιώρημα σάπωνα στο νερό.

Τα καρβοξυλικά ιόντα συνωθούνται με τέτοιο τρόπο, ώστε το αρνητικό τους άκρο (άρα και το πολικό τους τμήμα) να κατευθύνεται προς την ε-

• Στην βιομηχανία των απορρυπαντικών γενικά χρησιμοποιείται το *λαουρικό οξύ* (δωδεκανικό οξύ) $CH_3(CH_2)_{10}COOH$, το οποίο υπάρχει στο καρυδέλαιο (coconut oil).



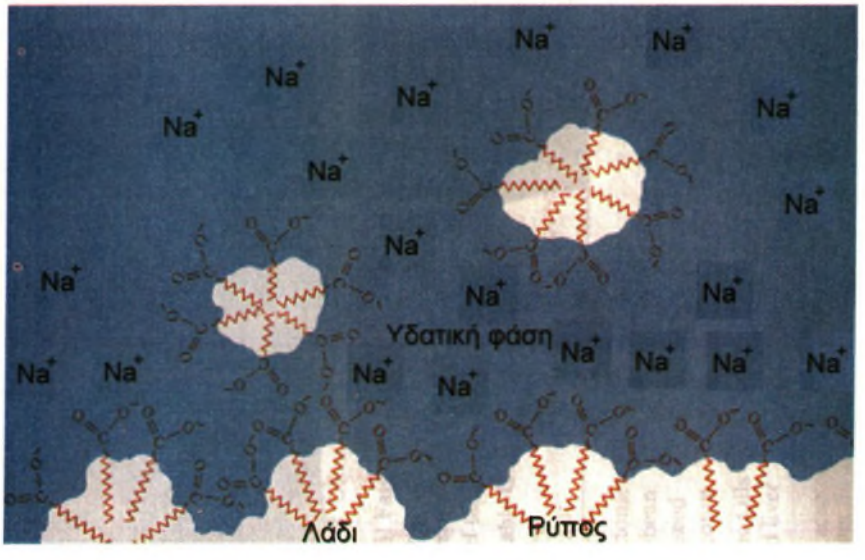
στεατικό οξύ



ελαϊκό οξύ

πιφάνεια του μικκυλίου, δηλαδή προς την υδατική πολική φάση. Αντίθετα η μη πολική ανθρακική τους αλυσίδα κατευθύνεται προς το εσωτερικό του μικκυλίου. Τα Na^+ διασπείρονται στην υδατική φάση ως μεμονωμένα, ενυδατωμένα ιόντα. Ο σχηματισμός αυτών των μικκυλίων εξηγεί το μηχανισμό της διάλυσης των σαπώνων στο νερό. Το μη πολικό τμήμα τους - άρα το ***υδρόφοβο*** - της ανθρακικής αλυσίδας παραμένει σε μη πολικό περιβάλλον, στο εσωτερικό του μικκυλίου. Το πολικό τμήμα - άρα και ***υδρόφιλο***- δηλαδή η ομάδα RCOO- κατευθύνεται προς το πολικό υδάτινο περιβάλλον. Μια και η επιφάνεια των μικκυλίων είναι αρνητικά φορτισμένη, αυτά απωθούνται και παραμένουν σε αιώρηση ή διασπορά μέσα στην υδατική φάση.

Η κύρια χρήση των σαπουνιών στηρίζεται στη λεγόμενη *απορρυπαντική τους δράση*. Ο μηχανισμός με τον οποίο αυτοί απομακρύνουν τους ρύπους είναι ανάλογος με εκείνον της διάλυσής τους. Οι περισσότερες «βρωμιές» π.χ. στο δέρμα περιβάλλονται από ένα στρώμα λίπους ή λαδιού. Τα μόρια του νερού από μόνα τους είναι ανήμπορα να διαπεράσουν αυτά τα λιπαρά σφαιρίδια, μια και δε διαπερνούν την ελαιώδη φάση. Έτσι, δεν μπορούν να διασπάσουν τον ρύπο σε μικρότερα τεμαχίδια και να τον απομακρύνουν από την επιφάνεια στην οποία αυτός έχει κολλήσει. Αντίθετα, το αιώρημα του σαπουνιού μπορεί να διαχωρίσει τη «βρωμιά» σε μικρότερα τμήματα, μια και η ανθρακική υδρόφοβη αλυσίδα μπορεί να διέλθει από την ελαιώδη επικάλυψή της. Καθώς αυτό γίνεται, κάθε μεμονωμένο σωματίδιο του ρύπου αναπτύσσει μία εξωτερική στοιβάδα καρβοξυλικών ιόντων και συνεπώς προβάλλεται προς την υδατική φάση πιο συμβατά, θα έλεγε κανείς, μέσω της πολικής αυτής ομάδας. Τα τμήματα πια του ρύπου απωθούνται λόγω του εξωτερικού φορτίου, διασπείρονται προς την υδατική φάση και παίρνουν το δρόμο προς την αποχέτευση.



ΣΧΗΜΑ 7.4 Απορρυπαντική δράση σάπωνα

Συνθετικά απορρυπαντικά

Τα *συνθετικά απορρυπαντικά* δρουν με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο δρουν και οι σάπωνες. Από άποψη δομής έχουν και αυτά μία μακριά, μη πολι-

κή, κορεσμένη, ανθρακική αλυσίδα με μία πολική ομάδα στο τέλος της. Οι πολικές ομάδες των περισσοτέρων συνθετικών απορρυπαντικών είναι θειικοί ή, καλύτερα, σουλφονικοί εστέρες ή θειικά άλατα του Na π.χ. :

$CH_3(CH_2)_vCH_2SO_2O^-Na^+$ (αλκυλοθειικό νάτριο),

$CH_3(CH_2)_vCH_2OSO_2O^-Na^+$(θειικοαλκυλονάτριο,άλας),

$CH_3CH_2(CH_2)vCH_2\text{-}C_6H_4\text{-}SO_2O^-Na^+$ (αλκυλβενζόλοθειικόνατριο).

Στα τυπικά απορρυπαντικά το ν έχει τιμή ίση με 10 -14.

Τα συνθετικά απορρυπαντικά παρουσιάζουν ένα σημαντικό πλεονέκτημα έναντι των σαπώνων - και αυτό πέρα από το γεγονός ότι αυτά παρασκευάζονται από μη βρώσιμες ύλες -. Λειτουργούν το ίδιο καλά και σε "σκληρό" νερό, το οποίο έχει μεγάλη περιεκτικότητα σε ιόντα Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+} και Fe^{3+}. Αυτό συμβαίνει διότι τα άλατα των αλκυλοσουλφονικών και όξινων θειικών αλκυλίων με Ca, Mg και Fe είναι διαλυτά στο νερό και συνεπώς τα συνθετικά απορρυπαντικά παραμένουν ενεργά και σε τέτοιο περιβάλλον. Αντίθετα, τα αντίστοιχα άλατα των λιπαρών οξέων σχηματίζουν ιζήματα - τις γνωστές αποθέσεις στα είδη υγιεινής και κουζίνας - και συνεπώς απενεργοποιούνται στο σκληρό νερό.

Βιολογικός ρόλος των λιπών και ελαίων.

Ο κυριότερος ρόλος των λιπών στη διατροφή των θηλαστικών είναι σαν μία πηγή χημικής ενέργειας. Όταν τα γλυκερίδια αυτά μετατραπούν στον οργανισμό σε CO_2 και H_2O, δηλαδή όταν ***μεταβολιστούν,*** αποδίδουν διπλάσιο αριθμό θερμίδων ανά g από εκείνες που δίνουν τα σάκχαρα. Αυτό οφείλεται κυρίως στη μεγάλη αναλογία των δεσμών C-H ανά μόριο.

Τα γλυκερίδια είναι διανεμημένα σε όλα σχεδόν τα κύτταρα του σώματος, κυρίως όμως είναι αποθηκευμένα ως *σωματικό λίπος* σε μερικές «αποθήκες» από ειδικό συνδετικό ιστό, γνωστό με το όνομα λιπώδης ιστός. Στον ανθρώπινο οργανισμό τα τριγλυκερίδια μπορούν να συντίθενται και από τα τρία βασικά ήδη τροφών, δηλαδή τις πρωτεΐνες, τα σάκχαρα και κυρίως από τα λίπη και τα έλαια. Οι καταναλωτές στην Ευρώπη και στην Αμερική προτιμούσαν ιστορικά τα *ζωικά* λίπη (βούτυρο) τα οποία είναι στερεά, μια και η βάση τους είναι από κορεσμένα λιπαρά οξέα. Η αύξηση του πληθυσμού αλλά και η διαπίστωση ότι τα λίπη αυτά πέρα από κάποιο όριο είναι επιβλαβή, οδήγησε τόσο στην *υδρογόνωση* όσο και κύρια στην εκτεταμένη χρήση των πολυακορέστων ελαίων.

Κατά την πέψη, τα λίπη και έλαια δεν υδρολύονται στο στόμα ή στο στομάχι. Το ένζυμο *λιπάση,* το οποίο εκκρίνεται από το *πάγκρεας,* καταλύει την υδρόλυση του εστερικού δεσμού στο λεπτό έντερο. Όμως το ένζυμο είναι διαλυτό στο νερό σε αντίθεση με τα λίπη. Με τη βοήθεια όμως των χολικών αλάτων, τα οποία εκκρίνει το συκώτι, επιτυγχάνεται ο κατακερματισμός των σταγόνων των ελαίων σε ελαχιστότατα σταγονίδια, τα οποία έχουν μεγάλη επιφάνεια και επιτρέπουν το υδατοδιαλυτό ένζυμο να δράσει. Η δράση δηλαδή των χολικών αυτών αλάτων μοιάζει πολύ με εκείνη των απορρυπαντικών.

• Ένα κοινό στερεό συνθετικό απορρυπαντικό έχει την παρακάτω μέση σύσταση:

θειικό αλκυλβενζολνάτριο	18%
τριπολυφωσφορικονάτριο	50%
αφροματοποιητή	3%
λαμπρυντικό	3%
αποκονιοτικό	3%
νερό και ανόργανο πληρωτικό	20%.

• Η παρουσία του τριπολυφωσφορικού νατρίου σε μεγάλη αναλογία στα συνθετικά απορρυπαντικά δημιούργησε το φαινόμενο του *ευτροφισμού.* Η προσπάθεια αντικατάστασής του με $N(CH_2COOH)_3$, νιτρίλοτριοξικό οξύ,NTA, δεν ευοδώθηκε, μια και αυτό αποδείχτηκε καρκινογόνο.

7.3 Πρωτεΐνες

Εισαγωγή

Από τα λεγόμενα *βιοπολυμερή*, τρεις είναι οι κύριες ομάδες: οι *πολυσακχαρίτες*, *οι πρωτεΐνες* και τα *πυρηνικά ή νουκλεϊνικά οξέα*. Από αυτές, όπως αναφέρθηκε στην παράγραφο των υδατανθράκων, οι πολυσακχαρίτες δρουν κατά κύριο λόγο ως «αποθήκες» ενέργειας (άμυλο και γλυκογόνο) και στα φυτά ως δομικό υλικό (κυτταρίνη). Τα νουκλεϊνικά οξέα έχουν ως κύρια αποστολή την αποθήκευση και μεταφορά *πληροφοριών*. Οι πρωτεΐνες έχουν, όμως, ποικίλες αποστολές. Ως ***ένζυμα*** και ***ορμόνες*** οι πρωτεΐνες καταλύουν και ρυθμίζουν τις αντιδράσεις οι οποίες γίνονται στο ανθρώπινο σώμα. Ως ***μύες*** και ***τένοντες*** προμηθεύουν στο σώμα τα μέσα για την κίνησή του. Ως **δέρμα** και ***μαλλί*** του δίνουν την εξωτερική κάλυψη και προστασία. Ως ***αιμοσφαιρίνη*** μεταφέρουν όλο το απαραίτητο O_2 και στις πιο απομακρυσμένες «γωνιές» του σώματος. Σαν ***αντισώματα*** προμηθεύουν στον οργανισμό τα μέσα προστασίας από διάφορες ασθένειες. Σε συνδυασμό δε με άλλες ουσίες στα ***οστά***, του παρέχουν ένα σκελετικό σύστημα στήριξης.

Με μία τόσο μεγάλη ποικιλία αρμοδιοτήτων που έχουν οι πρωτεΐνες δεν πρέπει να εκπλήσσεται κανείς από το γεγονός ότι υπάρχουν πολλές πρωτεΐνες οι όποιες διαφέρουν σε σχήμα και σε μέγεθος. Με μέτρο σύγκρισης τα περισσότερα από τα μόρια τα οποία έχουν αναφερθεί, ακόμη και οι πλέον μικρές πρωτεΐνες έχουν μεγάλες σχετικές μοριακές μάζες. Η *λυσοζύμη*, ένα ένζυμο, είναι μία σχετικά μικρή πρωτεΐνη η οποία όμως έχει σχετική μοριακή μάζα 14 600. Οι περισσότερες πρωτεΐνες έχουν σχετικές μοριακές μάζες κατά πολύ μεγαλύτερες από αυτό. Όσον αφορά το σχήμα τους, αυτό καλύπτει μία ευρεία γκάμα που ξεκινά από τις σφαιροειδείς πρωτεΐνες, όπως η αιμοσφαιρίνη, μέχρι τα ελικοειδή νημάτια της *α-κερατίνης* (τρίχα, νύχι, μαλλί) και τις φυλλοειδείς επιστρώσεις του μεταξιού.

Παρόλα αυτά και τις διαφορές μεγέθους, σχήματος, αποστολής, όλες οι πρωτεΐνες έχουν κάποια κοινά χαρακτηριστικά μέσω των οποίων αποκαλύπτεται η δομή τους και αιτιολογούνται οι ιδιότητές τους.

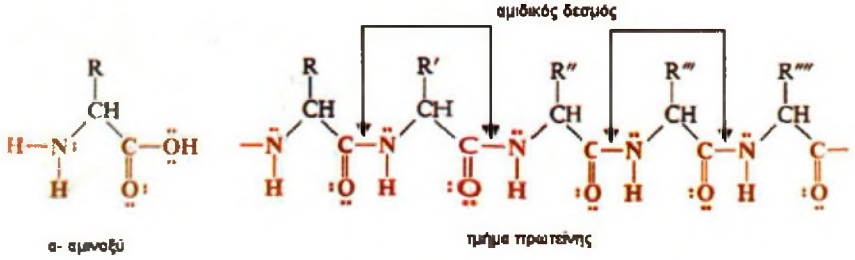
Αμινοξέα - Πρωτεΐνες

Τα διάφορα **πολυμερή,** συνθετικά ή βιολογικά, από την άποψη του τρόπου δημιουργίας τους κατατάσσονται σε δύο ομάδες. Στην πρώτη ομάδα ανήκουν τα *πολυμερή προσθήκης*, τα οποία παράγονται με βάση αντιδράσεις προσθήκης π.χ. το πολυαιθυλένιο από το αιθυλένιο (βλέπε πλαστικά). Στη δεύτερη ομάδα ανήκουν τα *πολυμερή συμπύκνωσης*. Αυτά τα πολυμερή, όπως δηλώνει και το όνομά τους, προκύπτουν από αντιδράσεις συμπύκνωσης. Αυτές είναι αντιδράσεις όπου τα μόρια της *μονομερούς* ουσίας ενώνονται μεταξύ τους μέσω διαμοριακών αποσπάσεων μικρών μορίων, όπως νερού ή αλκοόλης. Μεταξύ των πλέον σημαντικών πολυμερών συμπύκνωσης είναι και τα ***πολυαμίδια***. Σ' αυτά τα μονομερή είναι *α-αμινοξέα* τα οποία συνδέονται μεταξύ τους με ταυτόχρονη απόσπαση H_2O και δημιουργία του *αμιδικού ή πεπτιδικού δεσμού*.

• **Πρωτεΐνες ή λευκώματα**

Καθαρή κυτταρίνη είναι το βαμβάκι. Το μετάξι και το μαλλί είναι καθαρές πρωτεΐνες.

• *Νηματοειδείς* πρωτεΐνες όπως η *κερατίνη* και το *γλυκογόνο*.
Σφαιροειδείς πρωτεΐνες όπως τα ένζυμα , η αιμοσφαιρίνη .Η διάμετρος των ενζύμων είναι περί τα 20 Å (2 nm)



Οι πρωτεΐνες λοιπόν είναι τα σημαντικότερα βιολογικά πολυαμίδια και οι μονομερείς τους μονάδες είναι περίπου 20 διαφορετικά αμινοξέα. Ο ανθρώπινος οργανισμός προσλαμβάνει πρωτεΐνες από κάποιες τροφές και μέσω υδρόλυσης τις διασπά στις αρχικές τους μονάδες, τα αμινοξέα. Στη συνέχεια στα κύτταρά του και σε ιστούς επανασυνθέτει «ανθρώπινες» αυτήν τη φορά πρωτεΐνες.

Η ακριβής αλληλουχία των διαφόρων αμινοξέων κατά μήκος της πρωτεϊνικής αλυσίδας ονομάζεται ***πρωτογενής δομή*** της πρωτεΐνης και είναι ιδιαίτερης σημασίας για το ρόλο που αυτή θα διαδραματίσει. Για να μπορεί μία πρωτεΐνη να εκτελέσει την αποστολή της, πρέπει η πρωτογενής αυτή δομή της να είναι «ορθή». Αν αυτή είναι ορθή, τότε είναι δυνατό η πολυαμιδική αλυσίδα να κάμπτεται σε κάποιες ιδιαίτερες θέσεις ώστε να της δίνεται το σχήμα το οποίο απαιτείται για την εκτέλεση αυτή. Αυτή η κάμψη της αλυσίδας οδηγεί σε πολύ ψηλότερα επίπεδα πολυπλοκότητας, η οποία καλείται δευτερογενής και τριτογενής δομή της πρωτεΐνης.

Υδρόλυση των πρωτεϊνών με οξέα ή βάσεις δίνει ένα μίγμα των διαφόρων αμινοξέων που τις συνιστούν. Από τις φυσικές πρωτεΐνες μπορούν να προκύψουν 22 διαφορετικά αμινοξέα. Το πλέον κοινό χαρακτηριστικό αυτών είναι ότι όλα διαθέτουν την L - στερεοχημική απεικόνιση στο α- άτομο του C (πλην της *γλυκίνης* NH_2CH_2COOH).

Τα 22 αμινοξέα τα οποία προκύπτουν από την υδρόλυση των φυσικών πρωτεϊνών μπορούν να ταξινομηθούν σε 5 υποομάδες, ανάλογα με την φύση του R στο γενικό τους τύπο $NH_2CH(R)COOH$. Αυτά δίνονται στον πίνακα 7.3 στο τέλος της παραγράφου. Μόνον 20 από τα 22 αμινοξέα χρησιμοποιούνται πρακτικά από τα κύτταρα, όταν αυτά συνθέτουν πρωτεΐνες. Δύο από τα αμινοξέα συντίθενται δευτερογενώς, αφού δημιουργηθεί η πεπτιδική αλυσίδα. Η *υδρόξυπρολίνη* (παρούσα κυρίως στο κολλαγόνο) συντίθεται από την *προλίνη* και η *κυστίνη* (παρούσα στις περισσότερες των πρωτεϊνών) από την *κυστεΐνη*.

Τα αμινοξέα μπορούν να συντίθενται από όλους τους ζωντανούς οργανισμούς, ζώα και φυτά. Παρόλα αυτά, πολλά ανώτερα ζώα παρουσιάζουν αδυναμία στο να συνθέτουν όλα τα απαραίτητα αμινοξέα για τη σύνθεση των πρωτεϊνών τους. Ως εκ τούτου αυτά τα «ανώτερα» ζώα απαιτούν κάποια αμινοξέα ως μέρος της καθημερινής τους διατροφής. Για τον ενήλικα άνθρωπο υπάρχουν 8 τέτοια *απαραίτητα αμινοξέα* τα οποία και υποσημειώνονται στον πίνακα με την ένδειξη (α).

• Ο αμιδικός δεσμός, ο οποίος συνδέει τα αμινοξέα στις πρωτεΐνες, ονομάζεται συνήθως **πεπτιδικός δεσμός.** Αν το προκύπτον πολυμερές έχει *Mr* <10 000, τότε λέγεται **πολυπεπτίδιο.** Αν έχει μεγαλύτερο, είναι μία **πρωτεΐνη.** Ο διαχωρισμός είναι αρκετά αυθαίρετος και υπάρχουν αλληλοκαλύψεις. Πρακτικά τα πολυπεπτίδια και οι πρωτεΐνες είναι **πολυαμίδια.**

• Οι πρωτεΐνες και τα πολυπεπτίδια γενικότερα μπορούν να παρασταθούν και μέσα από τα συντομευμένα ονόματα των αμινοξέων που τις αποτελούν. Έτσι π.χ. το *διπεπτίδιο* γλυκυλβαλίνη παριστάνεται ως Γλυ-Βαλ. Το διπεπτίδιο βαλιλγλυκίνη ως Βαλ-Γλυ. Σε κάθε περίπτωση το αμινοξύ του οποίου η -COOH εμπλέκεται σε αμιδικό δεσμό μπαίνει πρώτο.

• Μία μορφή αναιμίας γνωστή ως *δρεπανοκυτταρική* οφείλεται στο ότι η αιμοσφαιρίνη του ασθενούς διαφέρει από την κανονική κατά 1 αμινοξύ. Το γλουταμινικό οξύ έχει αντικαταστήσει την βαλίνη.

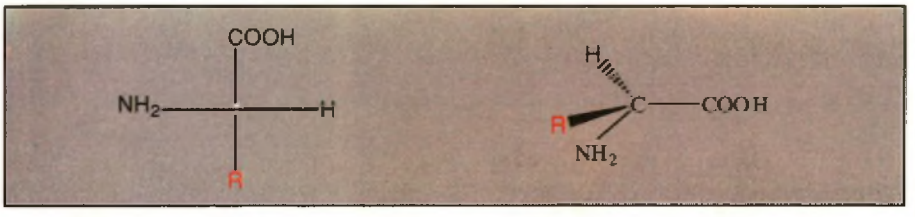
• Ο L.Pauling πήρε το βραβείο Nobel το 1954 για τη μελέτη της σπειροειδούς δομής των πεπτιδίων

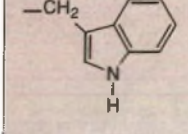
• Η αλληλουχία των αμινοξέων στην παραγωγή των πρωτεϊνών ακολουθεί οδηγίες οι οποίες δίνονται από το *γενετικό κώδικα* των *νουκλεϊνικών οξέων*.

Πολλά αμινοξέα αντιδρούν με νιτρώδες οξύ , HNO_2 ή καλύτερα HONO , και δίνουν ποσοτικά αέριο N_2 (μέθοδος Van Slyke για τον ποσοτικό προσδιορισμό αμινοξέων). Βασική προϋπόθεση για θετική αντίδραση είναι να περιέχει στο μόριό του μία πρωτοταγή αμινομάδα. Έτσι το β-αμινοξύ $H_2N\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOH$ θα δίνει:

$$H_2N\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOH + HONO \rightarrow CH_2 = CH\text{-}COOH + N_2 + 2H_2O$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 7.3 Τα αμινοξέα των πρωτεϊνών



Δομή του R	Όνομα	Συντμηση
-H	Γλυκίνη	Gly
- CH_3	Αλανίνη	Ala
$-CH(CH_3)_2$	Βαλίνη (Α)	Val
$-CH_2CH(CH_3)_2$	Λευκίνη	Leu
$-CH(CH_3)CH_2CH_3$	Ισολευκίνη (Α)	Ile
$-CH_2-C_6H_5$	Φαινυλαλανίνη (Α)	Phe
$-CH_2CONH_2$	Ασπαριγίνη	Asn
$-CH_2CH_2CONH_2$	Γλουταμίνη	Gln
	Τριπτοφάνη (Α)	Trp

HOOC-CH — CH_2 HN CH_2 CH_2 πλήρης δομή	Προλίνη	Pro
$-CH_2OH$	Σερίνη	Ser
$-CH(CH_3)OH$	Θρεονίνη	Thr
$-CH_2$ OH	Τυροζίνη	Tyr
HOOC−CH− CH_2 HN CH CH_2 OH πλήρης δομή	Υδροξυπρολίνη	Hyp
$-CH_2SH$	Κυστεΐνη	Cys
$-CH_2-S$ $-CH_2-S$	Κυστίνη	Cys-Cys
$-CH_2CH_2SCH_3$	Μεθιονίνη (Α)	Met
$-CH_2COOH$	Ασπαρτικό οξύ	Asp
$-CH_2CH_2COOH$	Γλουταμικό οξύ	Glu
$-(CH_2)_4NH_2$	Λυσίνη (Α)	Lys
$-CH_2-CH_2-CH_2-NH-C(=NH)-NH_2$	Αργινίνη	Arg
$-CH_2$ N N H	Ιστιδίνη	His

Ο βιοχημικός ρόλος των πρωτεϊνών.

Οι πρωτεΐνες είναι βασικά συστατικά όλων των ζωντανών κυττάρων. Διακρίνονται , από χημική σκοπιά ,από τους υδατάνθρακες και τα λίπη, μια και περιέχουν ≈16% N πέρα από τα C,H και O. Οι πρωτεΐνες έχουν ως γενική αποστολή να κατασκευάζουν και να συντηρούν ιστούς. Επίσης σχηματίζουν ένζυμα, *αντισώματα* και κάποιες *ορμόνες*. Ρυθμίζουν ορι-

σμένες σωματικές λειτουργίες, όπως την κίνηση των υγρών, την ισορροπία οξέων-βάσεων κ.λ.π.

Οι πρωτεΐνες υδρολύονται στον οργανισμό με την επίδραση ενζύμων γνωστών ως *πρωτεολυτικά ένζυμα* ή ***πρωτεάσες***. Τα προϊόντα της υδρόλυσης αυτής ποικίλλουν ανάλογα με το είδος του ενζύμου. Έτσι οι *πρωτεϊνάσες (π.χ. πεψίνη)* δίνουν πεπτίδια, ενώ οι *πεπτιδάσες* αμινοξέα.

Αν το ενεργειακό ισοζύγιο ενός οργανισμού είναι αρνητικό, αυτός μπορεί να χρησιμοποιήσει και πρωτεΐνες για την παραγωγή ενέργειας πέρα από τις βασικές του "αποθήκες", που είναι οι υδατάνθρακες και τα λίπη. Η μέση ενεργειακή απόδοση των πρωτεϊνών είναι της τάξεως των 4 Kcal g^{-1}, μικρότερη δηλαδή εκείνης των λιπών και των σακχάρων. Οι πρωτεΐνες κατά το μεταβολισμό τους δεν οξειδώνονται προς CO_2 και H_2O (όπως οι υδατάνθρακες και τα λίπη) αλλά μεταπίπτουν σε *ουρία* , $CO(NH_2)_2$. Αυτό εξηγεί και τη σχετικά χαμηλή τους θερμιδομετρική απόδοση.

• Καθημερινά 20- 30 g πρωτεϊνών είναι απαραίτητα στον ανθρώπινο οργανισμό για την παραγωγή των άλλων χημικών τα οποία συντηρούν τη ζωή. Πολλοί υγιεινολόγοι συνιστούν 44 g για μία μέση γυναίκα και 56 g για ένα μέσο άνδρα.

• 600 mL γάλα περιέχουν 20 g πρωτεϊνών, 1 αυγό 6 g και 1 κοτόπουλο (στήθος) 52 g.

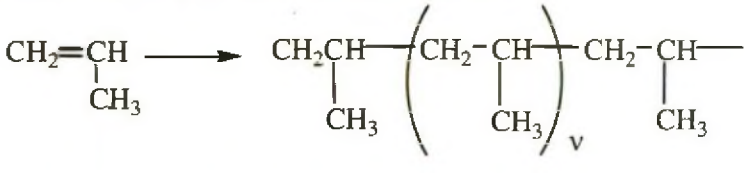
• Η πεψίνη διασπά μόνο το 10% των πεπτιδικών δεσμών της πρωτεΐνης. Δημιουργεί έτσι πεπτίδια με σχετικές μοριακές μάζες από 300 έως 600.

7.4 Πολυμερή («πλαστικά»)

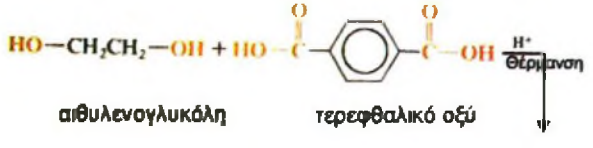
Γενικά - κατάταξη

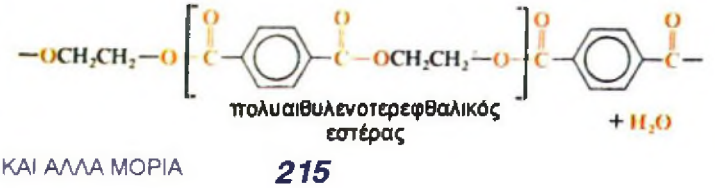
Τα πολυμερή είναι ενώσεις οι οποίες συνίστανται από πολύ μεγάλα μόρια τα οποία είναι φτιαγμένα από ένα μεγάλο αριθμό *επαναλαμβανόμενων υπομονάδων*. Η μοριακή αυτή (υπο)μονάδα, η οποία χρησιμοποιείται στη σύνθεση του πολυμερούς, ονομάζεται *μονομερές* και οι αντιδράσεις μέσω των οποίων το μονομερές ενώνεται προς το μεγαλομόριο λέγονται *αντιδράσεις πολυμερισμού*. Ο ορισμός αυτός αφορά τα λεγόμενα *πολυμερή προσθήκης*, μια και αυτά παράγονται από αντιδράσεις σύνθεσης ή προσθήκης. Μία δεύτερη περίπτωση πολυμερών είναι τα λεγόμενα *πολυμερή συμπύκνωσης* τα οποία, όπως ήδη αναφέρθηκε (βλέπε παράγραφο πρωτεϊνών) παράγονται από αντιδράσεις συμπυκνώσεως. Σ' αυτές οι μονομερείς ομάδες ενώνονται με διαμοριακή απόσπαση μικρών μορίων, όπως το H_2O.

Ανάλογα λοιπόν με την αντίδραση παρασκευής τους τα πολυμερή διακρίνονται σε πολυμερή προσθήκης και συμπύκνωσης. Από ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα δίνεται παρακάτω



πολυμερισμός προπενίου ως παράδειγμα **πολυμερούς προσθήκης**





Πολυμερισμός συμπύκνωσης με προϊόν πολυεστέρα.

• Ο όρος πλαστικά αφορά μία μεγάλη κατηγορία πολυμερών και δίνεται για διάκριση από συνθετικά *ελαστικά* και συνθετικές *υφάνσιμες ίνες*.

Από άποψη προέλευσης τα πολυμερή μπορούν να διακριθούν σε πολυμερή τα οποία παράγει η φύση, τα λεγόμενα ***βιοπολυμερή*** και τα ***συνθετικά*** και τεχνητά πολυμερή. Ήδη έχουν αναφερθεί διάφορα βιοπολυμερή, όπως π.χ. τα παράγωγα της γλυκόζης (άμυλο και κυτταρίνη) καθώς και τα μετάξι και μαλλί σαν πρωτεΐνες (πολυαμίδια ή πολυπεπτίδια). Πολλά από τα συνθετικά ή τεχνητά πολυμερή, επειδή είναι παράγωγα του εργαστηρίου και της βιομηχανίας και όχι της φύσης δεν είναι «βιοαποσυντιθέμενα» πλαστικά. Και τούτο διότι, μια και δεν τα παράγει η φύση δεν τα αναγνωρίζει και δεν έχει τον τρόπο να τα αποβάλλει ή απορροφήσει ή να τα αφομοιώσει. Βέβαια πολλά από αυτά τα υλικά είναι καύσιμα, αν και η πύρωση ή *πυρόλυσή* τους δεν είναι πάντα πρόσφορη μέθοδος απόρριψης, μια και προκαλεί σοβαρή μόλυνση του αέρα. Οι προσπάθειες τείνουν αφενός μεν στην παρασκευή βιοαποσυντιθεμένων πλαστικών, αφετέρου δε στην *ανακύκλωση* των πλαστικών απορριμμάτων.

• *Φυσικό προϊόν:* προϊόν το οποίο παράγει η φύση. *συνθετικό προϊόν:* προϊόν το οποίο έχει την ίδια χημική σύσταση με το φυσικό και ανάλογες ιδιότητες.(απομίμηση της φύσης από τον άνθρωπο) . *τεχνητό προϊόν:* δεν έχει την ίδια σύσταση με το φυσικό και βέβαια έχει διαφοροποιημένες ιδιότητες.

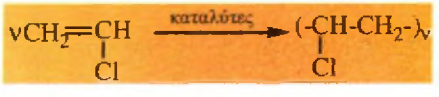
Ανάλογα τώρα με τη συμπεριφορά τους κατά τη θέρμανσή τους, διακρίνονται σε ***θερμοστατικά*** και ***θερμοπλαστικά***. Τα θερμοπλαστικά μαλακώνουν με τη θέρμανσή τους και μάλιστα με κατάλληλη πίεση μορφοποιούνται σε διάφορα σχήματα. Επανέρχονται δε, όταν ψυχθούν στην αρχική τους κατάσταση. Τα θερμοστατικά συνήθως σκληραίνουν με θέρμανση και δεν επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση, όταν ψυχθούν.

• Το πρώτο από τα θερμοστατικά πολυμερή ήταν ο κελουλοΐτης (παράγωγο της κυτταρίνης), το οποίο ανακαλύφθηκε στην προσπάθεια εύρεσης υλικού που θα αντικαθιστούσε το ελεφαντόδοντο στις μπάλες του μπιλιάρδου.

Πολυμερή προσθήκης

Από το μηχανισμό της αντίδρασης πολυμερισμού προσθήκης φαίνεται ότι οι καλύτερες πρώτες ύλες (μονομερή) είναι τα αλκένια. Έτσι πράγματι τα πρώτα και πολύ σπουδαία πολυμερή προέκυψαν από το $CH_2{=}CH_2$ και $CH_3CH{=}CH_2$ (πολυαιθυλένιο και πολυπροπυλένιο αντίστοιχα).

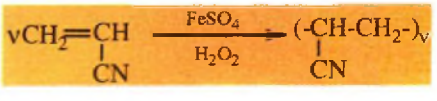
Το χλωροαιθένιο ή βινυλοχλωρίδιο, $CH_2{=}CHCl$, πολυμεριζόμενο δίνει ένα πολυμερές γνωστό ως PVC (ΠολυΒινυλοΧλωρίδιο) :



Το PVC έχει μέση σχετική μοριακή μάζα 1 500 000 και είναι ένα σκληρό και ανθεκτικό υλικό. Με την μορφή αυτή χρησιμοποιείται για την παρασκευή σωλήνων, δίσκων φωνογράφου (pick-up) κ.λ.π. Αν αναμιχθεί με εστέρες, μπορεί να γίνει πιο μαλακό (για το λόγο αυτό οι εστέρες λέμε ότι δρουν σαν πλαστικοποιητές). Το πλαστικοποιημένο PVC χρησιμοποιείται για την παρασκευή "δέρματος βινυλικού" από το οποίο κατασκευάζονται πλαστικά αδιάβροχα, πετάσματα μπάνιου (κουρτίνες) κλπ.

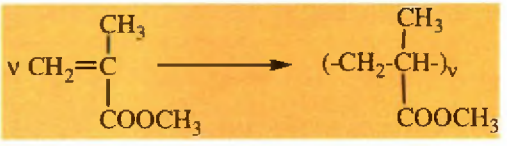
• Πολυαιθυλένιο μικρής πυκνότητας έχει *Mr* μεταξύ 50 000 και 300 000.Το μεγάλης πυκνότητας περί τα 3 000 000.

Πολυμερισμός του *ακρυλονιτρίλίου*, $CH_2{=}CHCN$, δίνει το πολυακρυλονιτρίλιο το οποίο διαλυόμενο σε κατάλληλο διαλύτη (το διμεθυλοφορμαμίδιο) μπορεί να δώσει συνθετικές υφάνσιμες ίνες (Orlon).

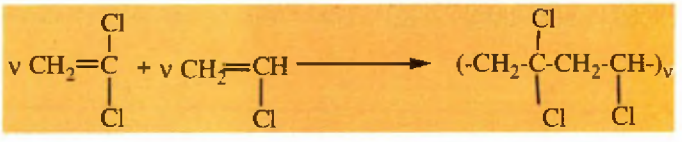


Το Teflon παράγεται από τον πολυμερισμό του τετραφθοροαιθυλενίου, $CF_2=CF_2$ παρουσία Fe^{2+}, H_2O_2 και H_2O. Το Teflon έχει σημείο τήξης 327 °C που είναι ασυνήθιστα υψηλό για πολυμερές προσθήκης. Είναι αδρανές στα χημικά αντιδραστήρια και έχει πολύ μικρό συντελεστή τριβής.

Ένα πολυμερές με εξαιρετικές οπτικές ιδιότητες παράγεται από τον πολύμερισμό του μεθακρυλικού μεθυλίου, $CH_2=CH(CH_3)COOCH_3$.



Από τον *συμπολυμερισμό* βινυλοχλωριδίου και 1,1-διχλωροαιθυλενίου (βινυλιδενχλωρίδιο) παράγεται το κυριότερο υλικό κατασκευής ειδών συσκευασίας περιτυλίγματος τροφίμων:



Οι ιδιότητες των πολυμερών προσθήκης όπως, η κρυσταλλική ή όχι δομή τους, το σημείο τήξης ή καλύτερα μαλάκυνσής τους, η πυκνότητα και οι μηχανικές τους ιδιότητες εξαρτώνται σε μέγιστο βαθμό από τις συνθήκες παραγωγής τους. Αυτές τελικά διαμορφώνουν την στερεοχημεία του πολυμερούς. Με τη χρήση των λεγομένων καταλυτών Ziegler–Natta είναι πλέον δυνατός ο στερεοχημικός έλεγχος του παραγόμενου πολυμερούς.

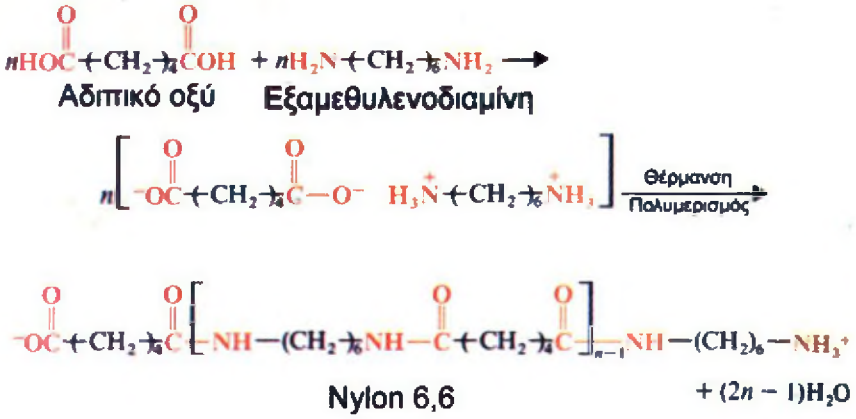
Πολυμερή συμπύκνωσης

Εκτός από τις πρωτεΐνες που αναφέρθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο, τα πλέον σημαντικά πολυμερή συμπύκνωσης είναι τα *πολυαμίδια*, οι *πολυεστέρες* και οι *ρητίνες της φορμαλδεΰδης*.

Τα πολυαμίδια.(–NH–CO–)$_v$

Η έρευνα για ένα συνθετικό υλικό με ιδιότητες ανάλογες με εκείνες του *μεταξιού* οδήγησαν στην ανακάλυψη μιας ολόκληρης οικογένειας **συνθετικών πολυαμιδίων** γνωστών με το γενικό όνομα Nylon. Ένα από τα πιο σημαντικά Nylon είναι το Nylon 6,6. Αυτό μπορεί να παρασκευαστεί από ένα δικαρβονικό οξύ με έξι άτομα άνθρακα (το πρώτο 6 στην ονομασία), το *αδιπικό οξύ* και από μία *διαμίνη* με έξι άτομα άνθρακα (το δεύτερο 6...), την *εξαμεθυλενοδιαμίνη*. Στη βιομηχανική παραγωγή αυτές οι δύο ενώσεις αντιδρούν σε ισομοριακές αναλογίες ώστε να δώσουν ένα 1:1 άλας. Στη συνέχεια το άλας αυτό (λέγεται και άλας του Nylon) θερμαίνεται στους 270 °C και σε πίεση ≈ 17 atm, οπότε πολυμερίζεται προς το πολυαμίδιο (Nylon).

• Οι Ziegler και Natta μοιράστηκαν το βραβείο Nobel Χημείας το 1963.



Το Nylon 6,6 το οποίο παράγεται με αυτές τις συνθήκες έχει σχετική μοριακή μάζα ≈ 10 000 και σημείο τήξης ≈250 °C. Όταν τακεί μπορεί να μορφοποιηθεί σε ίνες οι οποίες στη συνέχεια επιμηκύνονται μηχανικά σε μήκος 4^{ιο} του αρχικού τους. Αυτή η επεξεργασία αυξάνει πολύ της μηχανικές του ιδιότητες.

Πολυεστέρες. $\left(-C-\overset{O}{\overset{\|}{O}}-\right)_\nu$

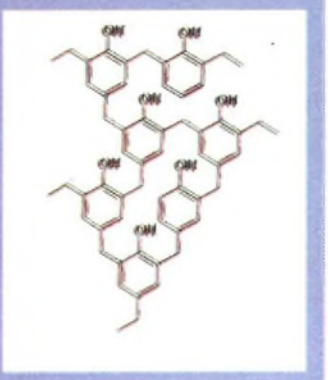
Ένας από τους σπουδαιότερους πολυεστέρες είναι και ο *πολυαιθυλένοτερεφθαλικός*, ο οποίος δόθηκε ως παράδειγμα πολυμερούς συμπύκνωσης. Εκτός από την παραπάνω αντίδραση, ο πολυεστέρας αυτός μπορεί να παρασκευαστεί και με αντίδραση *μετεστεροποίησης* και μετά πολυμερισμό του νέου εστέρα. Έτσι, αρχικά θερμαίνεται (≈ 200 °C) διμέθυλο τερεφθαλικός εστέρας με περίσσεια *αιθυλένο γλυκόλης* (το γνωστό και ως αντιψυκτικό στα ψυγεία των αυτοκινήτων). Έτσι προκύπτει ο νέος εστέρας, ο οποίος στη συνέχεια πολυμερίζεται προς τον πολυαιθυλένοτερεφθαλικό πολυεστέρα. Με μορφή υφανσίμων, συνθετικών ινών είναι γνωστός με τα ονόματα Dacron και Terylene.

Πολυουρεθάνες. $\left(HN-C-\overset{O}{\overset{\|}{O}}-\right)_\nu$

Μία ουρεθάνη παράγεται από την αντίδραση μιας αλκοόλης με ένα *ισοκυανικό ομόλογο*: R–OH + O=C=N–R΄ → R–O–CO–NH–R΄ (ουρεθάνη). Οι πολυουρεθάνες συνήθως παράγονται με αντίδραση μιας *διόλης* (πολυμερές με πρωτοταγείς –OH με ένα διισοκυανικό παράγωγο, το οποίο συνήθως είναι το *τολουολο-2,4-διισοκυανικό*. Προσθήκη μικρής ποσότητας νερού στο μίγμα που πολυμερίζεται προκαλεί μερική υδρόλυση του R–N=C=O προς CO_2. Αυτό δημιουργεί τον ***αφρό της πολυουρεθάνης***.

Πολυμερή φορμαλδεΰδης- φαινόλης .

Ένα από τα πρώτα συνθετικά πολυμερή τα οποία παρήχθησαν ήταν και ένα πολυμερές (ή ρητίνη) γνωστό ως *βακελίτης*. Αυτός παράγεται με αντίδραση συμπύκνωσης μεταξύ φαινόλης. C_6H_5OH και HCH=O με καταλύτες οξέα ή βάσεις. Το παραγόμενο πολυμερές έχει πολύ υψηλό σημείο τήξης και είναι μονωτικό του ηλεκτρισμού.



Η δομή του βακελίτη.

7.5 Υφάνσιμες ίνες

Υφάνσιμες ύλες είναι εκείνες οι οποίες με κατάλληλη επεξεργασία μπορούν να μετατραπούν σε ίνες από τις οποίες παρασκευάζονται νήματα και υφάσματα. Υφάνσιμες ίνες υπάρχουν: *φυσικές* (ο *αμίαντος* από τις ανόργανες, βαμβάκι, λινάρι, η κάνναβη από φυτικές και το μετάξι από ζωικές), *τεχνητές* (όπως αναγεννημένη φυτική κυτταρίνη και καζεΐνη του γάλακτος ζωική), *συνθετικές* (πολυαμίδια, πολυεστέρες, κ.λ.π.)

Εκτός από τα *πλαστικά* και τα *ελαστικά* ή ελαστομερή, ο πολυμερισμός χρησιμοποιήθηκε και για την παραγωγή συνθετικών υφανσίμων ινών. Ο άνθρωπος από νωρίς χρησιμοποίησε για την ένδυσή του τις τρεις κύριες φυσικές ίνες. *Μαλλί και μετάξι*, τα οποία όπως αναφέρθηκε είναι πρωτεϊνικής δομής, και *βαμβάκι* το οποίο είναι καθαρή κυτταρίνη (υδατάνθρακας). Η μεγάλες όμως ανάγκες οδήγησαν στην έρευνα και δημιουργία συνθετικών και τεχνητών ινών, οι οποίες αποτελούν πλέον το αντικείμενο ενός μεγάλου βιομηχανικού κλάδου.

Για την παρασκευή τεχνητών υφανσίμων ινών δοκιμάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν σε γενικές γραμμές όλα τα προϊόντα πολυμερισμού. Κυρίως όμως χρησιμοποιήθηκαν *πολυαμίδια, πολυεστέρες και πολυακρυλονιτρίλια.*

Η πλέον γνωστή συνθετική ίνα είναι το Nylon 6,6, το οποίο είναι ένα **πολυαμίδιο,** όπως ήδη αναφέρθηκε. Ειπώθηκε επίσης ότι δεν υπάρχει "ένα μόνο" Nylon. Το αρχικό Nylon 6,6 μετεξελίχθη σε Nylon 10,10 στο οποίο τα μονομερή (καρβοξυλικό οξύ και αμίνη) έχουν από 10 άτομα άνθρακα. Το Nylon 6 αποδείχτηκε πάντως το πλέον πετυχημένο, το οποίο προκύπτει από ένα μόνο μονομερές με 6 άτομα C και περιέχει στο ένα άκρο του την –COOH και στο άλλο την $-NH_2$.

Μετά τα πολυαμίδια η έρευνα οδήγησε στην παρασκευή ινών από **πολυεστέρες** και **ακρυλικά**. Από τους πολυεστέρες κυριότερος εκπρόσωπος είναι ο παραγόμενος από τη συμπύκνωση τερεφθαλικού οξέος με την αιθυλένογλυκόλη. Το προϊόν (Terylene, Dacron) πλησιάζει περισσότερο τις ιδιότητες του μαλλιού και σ' αυτό υπερτερεί του Nylon. Δεν έχει όμως την ελαστικότητα του τελευταίου.

Τα ακρυλικά (Orlon, Acrilan) είναι πολυμερή του ακρυλονιριλίου και πλησιάζουν τις ιδιότητες μιας καλής ποιότητας μαλλιού. Ένα εξελιγμένο προϊόν στην κατηγορία αυτή είναι ένα *συμπολυμερές* ακρυλονιτριλίου με $CH_2=CCl_2$ του οποίου οι ιδιότητες πλησιάζουν εκείνες του μεταξιού. Επιπλέον είναι ανθεκτικό στη φλόγα και δεν αναφλέγεται .

Ίνες αναπτύχθηκαν και από τα πολυαιθυλένιο και πολυπροπυλένιο για ειδικότερες χρήσεις. Γενικότερα οι τεχνητές ίνες έχουν το πλεονέκτημα να παρουσιάζουν *εξειδικευμένες ιδιότητες*, οι οποίες καλύπτουν

• Η πλέον γνωστή τεχνητή κυτταρινούχος υφάνσιμη ύλη είναι το τεχνητό μετάξι (rayon).

• Τεχνητό μαλλί είναι η λανιτάλη από καζεΐνη και φορμόλη .

Η ετήσια παραγωγή των υφανσίμων συνθετικών ινών για τις αρχές της δεκαετίας του '90 είναι περίπου 45 000 000 τόνοι. Οι πολυεστέρες είναι το 40%, τα Nylon το 35 % και τα ακρυλικά το υπόλοιπο.

ευρύ φάσμα αναγκών. Αυτό ίσως είναι και το κυριότερο πλεονέκτημά τους έναντι των φυσικών ινών.

Όπως καταλαβαίνει κανείς, οι διαφορές των υφανσίμων υλών και ινών θα πηγάζουν από τις διαφορές στη χημική τους σύσταση. Έτσι π.χ. το μετάξι είναι πρωτεϊνικής φύσης, ενώ το τεχνητό μετάξι (rayon) είναι υδατάνθρακας. Το μαλλί είναι ζωική πρωτεΐνη, ενώ η λανιτάλη ξεκινά από πρωτεΐνη γάλακτος. Το βαμβάκι είναι καθαρή κυτταρίνη (υδατάνθρακας), ενώ το terylene πολυεστέρας. Οι φυσικές ίνες απορροφούν νερό (όπως ιδρώτα) σε γενικές γραμμές ευκολότερα από τις συνθετικές και συνεπώς μπορούν να βαφούν και να φινιριστούν με τη βοήθεια ουσιών διαλυτών στο νερό. Αντίθετα, οι συνθετικές επειδή δεν προσροφούν νερό, απαιτούν πολυπλοκότερες επεξεργασίες και ακριβότερα υλικά. Επίσης, οι φυσικές ίνες αντέχουν σε υψηλότερες θερμοκρασίες από τις συνθετικές και δε διαλύονται σε πολλούς οργανικούς διαλύτες πράγμα το οποίο διευκολύνει το λεγόμενο στεγνό καθάρισμα.

Γνωρίζεις ότι...

Προϊόντα από πολυαιθυλένιο

Η ανακάλυψη του πολυαιθυλενίου

Χωρίς καμιά αμφιβολία το πιο πετυχημένο πολυμερές από αυτά που αναπτύχθηκαν τη δεκαετία του '30 ήταν το πολυαιθυλένιο. Η ανακάλυψή του ήταν τυχαία και έγινε στα πλαίσια ενός προγράμματος βασικής έρευνας στα εργαστήρια της βιομηχανίας ICI στην Αγγλία.

Ως τις αρχές του 1930 δεν είχαν γίνει πολλές έρευνες γύρω από την επίδραση υψηλών πιέσεων πάνω στις χημικές αντιδράσεις. Η ICI αποφάσισε να κάνει μία βασική έρευνα αντιδράσεων υπό πίεση 1000 atm για να «δει τι θα γίνει». Έτσι το 1933 οι Dr.Gibson και Fawcett άρχισαν να μελετούν την αντίδραση μεταξύ αιθυλενίου και βενζαλδεΰδης περιμένοντας το σχηματισμό μιας σύμπλοκης ένωσης μεταξύ τους. Το πείραμα ξεκίνησε την Παρασκευή 24 Μαρτίου και όταν επέστρεψαν τη Δευτέρα διαπίστωσαν ότι υπήρχε διαρροή στη συσκευή και όλη η αλδεΰδη είχε φύγει. Ξεσκεπάζοντας το θερμαντικό μανδύα διαπίστωσαν ότι στο εσωτερικό της διάταξης είχε σχηματισθεί ένα κηρώδες υλικό. Στη μηνιαία τους αναφορά έγραψαν: «Μελετήθηκε η αντίδραση μεταξύ αιθυλενίου και βενζαλδεΰδης στους 170 °C και 2 000 atm πίεση. Μία ποσότητα κηρώδους πολυμερούς του αιθυλενίου σχηματίστηκε». Η εργασία γύρω από το θέμα αυτό σταμάτησε. Το πολυαιθυλένιο είχε ανακαλυφθεί αλλά δεν είχε εξερευνηθεί ...

Οι ίδιοι, σχολιάζοντας τα γεγονότα αυτά το 1964, έγραψαν: «Ανατρέχοντας στα τότε γεγονότα, κάνει εντύπωση το σταμάτημα των εργασιών γύρω από αυτήν την ενδιαφέρουσα ανακάλυψη η οποία είχε μόνο ακαδημαϊκό ενδιαφέρον εκείνη την εποχή. Όμως τότε η επιστήμη των συνθετικών πολυμερών ήταν ακόμη στα σπάργανα και κανείς δεν ονειρευόταν τη σημερινή τεράστια τεχνολογική και εμπορική εξέλιξή τους. Την εποχή εκείνη τα μόνα θερμοπλαστικά πολυμερή ήταν το πολυμεθυλομεθακρυλικό και το πολυστυρένιο, υλικά και τα δύο πολύ σκληρά και πολύ διαφορετικά από το μαλακό, διαφανές πολυμερές του αιθυλενίου το οποίο είχαμε ανακαλύψει...»

Δύο χρόνια αργότερα επαναλήφθηκε το πείραμα προσπαθώντας να ανεβάσουν την πίεση στις 2 000 atm. Δεν πέτυχαν όμως την πίεση αυτή και απλά διαβίβαζαν, όσο αέριο αιθυλένιο είχαν, στη συσκευή πιστεύοντας ότι υπήρχε διαρροή. Έψυξαν στη συνέχεια το δοχείο χωρίς όμως να το ανοίξουν αμέσως (δηλαδή κρατώντας την πίεσή του σταθερή). Ανοίγοντάς το τελικά το βρήκαν γεμάτο από μία άσπρη σκόνη που ήταν το πολυμερές. Αργότερα βρέθηκε ότι, αν η πίεση ελαττωθεί πριν από την ψύξη, τότε το πολυμερές παράγεται στην κηρώδη μορφή των Gibson και Fawcett.

Ανακεφαλαίωση

1. Η έρευνα έδειξε ότι τα πολυμερή είναι μεγαλομοριακές ενώσεις οι οποίες αποτελούνται από μία επαναλαμβανόμενη βασική μονάδα. Έτσι π.χ. η κυτταρίνη έχει για βασική μονάδα τη γλυκόζη.

2. Οι υδατάνθρακες θεωρήθηκαν αρχικά ως ενώσεις του C με μόρια νερού. Επίσης ονομάστηκαν και σάκχαρα, γιατί ορισμένες από αυτές έχουν γλυκιά γεύση.

3. Οι υδατάνθρακες με βάση τις περιεχόμενες χαρακτηριστικές ομάδες διακρίνονται σε πολυυδροξυαλδεΰδες και πολυυδροξυκετόνες.

4. Οι υδατάνθρακες με βάση τα προϊόντα υδρόλυσης διακρίνονται σε ολιγοσακχαρίτες (μόνο, δι... σακχαρίτες) και πολυσακχαρίτες, οι οποίοι υδρολυόμενοι δίνουν πάνω από 10 μόρια μονοσακχαριτών,

5. Οι μονοσακχαρίτες κατατάσσονται με βάση τη χαρακτηριστική ομάδα σε αλδόζες και κετόζες και με τον αριθμό ατόμων C τα οποία έχουν. Έτσι π.χ. η γλυκόζη είναι μία αλδοεξόζη, ενώ η φρουκτόζη είναι μία κετοεξόζη.

6. Μία από τις χημικές ιδιότητες των μονοσακχαριτών η οποία χρησιμοποιείται για την ταυτοποίησή τους είναι ο αναγωγικός τους χαρακτήρας. Οι αλδόζες και οι α-υδροξυκετόζες ανάγουν ήπια οξειδωτικά, όπως τα αντιδραστήρια Fehling και Tollens δίνοντας χαρακτηριστικά ιζήματα.

7. Οι υδατάνθρακες συνθέτονται στα πράσινα φυτά με τη *φωτοσύνθεση*. Αυτή είναι μία πολύπλοκη διαδικασία η οποία χρησιμοποιεί την ηλιακή ενέργεια, για να ανάγει ή να δεσμεύσει το CO_2. Οι υδατάνθρακες στα φυτά είναι η κύρια "αποθήκη" της ηλιακής ενέργειας και μέσω αυτών αυτή μεταφέρεται και στα ζώα ως τροφή.

8. Ο μεταβολισμός των υδατανθράκων είναι και αυτός με τη σειρά του ένα σύνολο ενζυματικά καταλυομένων αντιδράσεων, στις οποίες κάθε στάδιο-βήμα που δίνει ενέργεια (εξώθερμο ή καλύτερα *εξωεργονικό*) είναι μία οξείδωση. Η απόδοση τους είναι περίπου 4 $kcal.g^{-1}$

9. Τα λίπη και τα έλαια είναι εστέρες της γλυκερίνης με ανώτερα μονοκαρβονικά οξέα κορεσμένα (λίπη) ακόρεστα (έλαια).

10. Η σαπωνοποίηση των λιπών και των ελαίων είναι η υδρόλυσής τους σε αλκαλικό περιβάλλον. Έτσι παράγονται τα άλατα των οξέων με Na ή K τα οποία αποτελούν τους σάπωνες.

11. Η κύρια χρήση των σαπουνιών στηρίζεται στη λεγόμενη *απορρυπαντική τους δράση*. Ο μηχανισμός με τον οποίο αυτοί απομακρύνουν τους ρύπους είναι ανάλογος με εκείνον της διάλυσής τους. Το αιώρημα του σαπουνιού μπορεί να διαχωρίσει τη «βρωμιά» σε μικρότερα τμήματα, μια και η ανθρακική, υδρόφοβη, αλυσίδα μπορεί να διέλθει από την ελαιώδη επικάλυψή της.

12. Τα *συνθετικά απορρυπαντικά* δρουν με τον ίδιο τρόπο με τον οποίο δρουν και οι σάπωνες. Από άποψη δομής έχουν και αυτά μία μακριά μη πολική, κορεσμένη,

ανθρακική αλυσίδα με μία πολική ομάδα στο τέλος της. Οι πολικές ομάδες των περισσοτέρων συνθετικών απορρυπαντικών είναι θειικοί ή καλύτερα σουλφονικοί εστέρες ή θειικά άλατα του Na.

13. Ο κυριότερος ρόλος των λιπών στη διατροφή των θηλαστικών είναι ως πηγή χημικής ενέργειας. Αποδίδουν σε μέσο όρο 9 $kcal.g^{-1}$

14. Οι πρωτεΐνες είναι τα σημαντικότερα βιολογικά πολυαμίδια και οι μονομερείς τους μονάδες είναι περίπου 20 διαφορετικά αμινοξέα. Τα αμινοξέα αυτά συνδέονται με πεπτιδικό δεσμό κάνοντας τις πρωτείνες πολυπεπτίδια.

15. Οι πρωτείνες εκτελούν πολλές αποστολές, όπως να κατασκευάζουν και να συντηρούν ιστούς.. Μεταβολίζονται σε ουρία αποδίδοντας περίπου 4 $kcal.g^{-1}$.

16. Τα πολυμερή προσθήκης είναι ενώσεις οι οποίες συνίστανται από πολύ μεγάλα μόρια τα οποία είναι φτιαγμένα από έναν μεγάλο αριθμό *επαναλαμβανομένων υπομονάδων*. Η μοριακή αυτή (υπο)μονάδα ονομάζεται *μονομερές* και οι αντιδράσεις μέσω των οποίων το μονομερές ενώνεται προς το μεγαλομόριο, λέγονται αντιδράσεις πολυμερισμού.

17. Τα *πολυμερή συμπύκνωσης* παράγονται από αντιδράσεις συμπύκνωσης. Σ' αυτές οι μονομερείς ομάδες ενώνονται με διαμοριακή απόσπαση μικρών μορίων όπως το H_2O .

18. Πολυμερή προσθήκης είναι τα πολυαθυλένιο, πολυπροπυλένιο, πολυβινυλοχλωρίδιο, πολυακρυλονιτρίλιο. Η στερεοδομή του πολυμερούς μπορεί να ελέγχεται με καταλύτες.

19. Τα πλέον σημαντικά πολυμερή συμπύκνωσης είναι τα πολυαμίδια, οι πολυεστέρες και οι ρητίνες της φορμαλδεΰδης. Από τα πολυαμίδια σπουδαιότερα είναι τα Nylon και από τους πολυεστέρες *ο* πολυαθυλένοτερεφθαλικός Η ουρεθάνη παράγεται από την αντίδραση μιας αλκοόλης με ένα ισοκυανικό ομόλογο. Ο βακελίτης είναι ένα συμπολυμερές φαινόλης κι φορμαλδεΰδης.

20. Υφάνσιμες ύλες είναι εκείνες οι οποίες με κατάλληλη επεξεργασία μπορούν να μετατραπούν σε ίνες από τις οποίες παρασκευάζονται νήματα και υφάσματα. Υφάνσιμες ίνες υπάρχουν: *φυσικές* (ο *αμίαντος* από τις ανόργανες ,βαμβάκι, λινάρι, η κάνναβη από φυτικές και το μετάξι από ζωικές), *τεχνητές* (όπως αναγεννημένη κυτταρίνη ,φυτική και καζεΐνη του γάλακτος ζωική), *συνθετικές* (πολυαμίδια, πολυεστέρες).

Λέξεις κλειδιά

μεγαλομόρια
δομική μονάδα
υδατάνθρακες
σάκχαρα
πολυυδροξυαλδεΰδες
πολυυδροξυκετόνες
ολιγοσακχαρίτες
πολυσακχαρίτες
μονοσακχαρίτες
αλδόζες
κετόζες
εξόζες
γλυκεριναλδεΰδη
ταυτοποίηση
σύνθεση
Fehling
Benedict
Tollens
φωτοσύνθεση
μεταβολισμός
άμυλο
γλυκογόνο
κυτταρίνη
λιπίδια
τριγλυκερίδια
λίπη
έλαια
σαπωνοποίηση
σάπωνες
υδρόφιλο
υδρόφοβο
απορρυπαντικά
αλκυλοσουλφονικά
εξαλάτωση
μετάξι
βιοπολυμερή
πρωτεΐνες
λευκώματα
ορμόνες
ένζυμα
αμινοξέα
πεπτιδικός δεσμός
πολυαμίδια
πρωτογενής δομή
γλυκίνη
αλανίνη
πλαστικά
πολυμερές
μονομερές
πολυμερή προσθήκης
πολυαιθυλένιο
πολυπροπυλένιο
πολυακρυλικό
συμπολυμερισμός
πολυμερή συμπύκνωσης
πολυαμίδια
nylon
πολυεστέρες
πολυουρεθάνες
βακελίτης
υφάνσιμες ίνες
μαλλί
orlon

Ερωτήσεις - Ασκήσεις - Προβλήματα

Ερωτήσεις επανάληψης

1. Ποιες ενώσεις λέγονται μεγαλομοριακές;
2. Τι είναι οι δομικές μονάδες των μεγαλομοριακών ενώσεων;
3. Από πού προέρχεται η ονομασία υδατάνθρακες;
4. Όλα τα σάκχαρα έχουν γλυκιά γεύση;
5. Πώς ταξινομούνται τα σάκχαρα με βάση τις χαρακτηριστικές τους ομάδες;
6. Ποια σάκχαρα καλούνται απλά και ποια υδρολυόμενα;
7. Τι είναι οι ολιγοσακχαρίτες και τι οι πολυσακχαρίτες;
8. Τι είναι η γλυκόζη και σακχαρόζη;
9. Δώστε δύο παραδείγματα πολυσακχαριτών.
10. Δώστε από ένα παράδειγμα αλδοπεντόζης και κετοεξόζης.
11. Ποιο είναι το απλούστερο σάκχαρο;
12. Ποια σάκχαρα ονομάζονται αναγόμενα;
13. Ποιο είναι το αντιδραστήριο του Fehling;
14. Ποια δοκιμασία δίνει ως προϊόν το κάτοπτρο Ag;
15. Τι χρώμα έχει το ίζημα που προκύπτει από το αντιδραστήριο του Fehling;
16. Τι καλείται ταυτοποίηση μιας ένωσης;
17. Τι είναι η φωτοσύνθεση και τι ο μεταβολισμός ενός σακχάρου;
18. Ποια είναι σε μέσο όρο η θερμιδομετρική αξία ενός g υδατάνθρακα;
19. Ποια είναι τα βιοπολυμερή;
20. Τι είναι ο πεπτιδικός δεσμός;
21. Ποια η διαφορά πολυπεπτιδίων από πρωτεΐνες;
22. Τι είναι ο πολυμερισμός συμπύκνωσης και σε τι διαφέρει από εκείνον της προσθήκης;
23. Τι καλείται πρωτογενής δομή στα αμινοξέα;
24. Δώστε παραδείγματα πρωτεϊνών καθώς και τις λειτουργίες που επιτελούν.
25. Τι είναι από άποψη δομής το βαμβάκι, το μαλλί και το Nylon;
26. Τι είναι τα πολυαμίδια;
27. Δώστε ένα παράδειγμα πολυεστέρα και των εφαρμογών του.
28. Τι περιλαμβάνει ο όρος πλαστικά ;
29. Δώστε από δύο παραδείγματα πολυμερών προσθήκης.

30. Τι είναι ο συμπολυμερισμός; Δώστε ένα παράδειγμα.

31. Δώστε ένα παράδειγμα πολυεστέρα και μιας πολυουρεθάνης.

32. Τι είναι ο βακελίτης και ποια η κύρια ιδιότητά του;

33. Να αναφέρετε παραδείγματα φυσικών, τεχνητών και συνθετικών υφανσίμων ινών.

34. Να αναφέρετε δύο πλεονεκτήματα των φυσικών ινών έναντι των συνθετικών.

Ασκήσεις - Προβλήματα

α. Συνθετικά πολυμερή

35. Παρακάτω δίνονται τα εμπορικά ονόματα ορισμένων πολύ γνωστών πολυμερών (πλαστικών). Δώστε τα αντίστοιχα μονομερή :
α. PVC β. Στυρόλιο γ.Πολυπροπυλένιο δ.Teflon
ε. Orlon στ. Plexiglas

36. Τα πολυμερή συμπύκνωσης τα οποία προκύπτουν από δύο ή περισσότερα μονομερή λέγονται :
α. ετεροπολυμερή β.ομοπολυμερή γ. συμπολυμερή
δ. ελαστικά ε. πλαστικά

37. Το μόριο που θα αποσπασθεί κατά την συμπύκνωση των $HOCH_2CH_2OH$ και $C_2H_5OOC - C_6H_5 - COOC_2H_5$ (διαιθυλοτερεφθαλικός εστέρας) είναι:
α H_2O β. CH_3OH γ. CH_3CH_2OH δ. C_6H_6

* **38.** Υπάρχουν ανάμεσα στα άλλα και δύο πολυπροπυλένια. Το ένα είναι μαλακό, με χαμηλό σημείο τήξης και μικρή αντοχή. Το άλλο είναι μεγάλης αντοχής και υψηλού σημείου τήξης. Σε ποιο από τα δύο πιστεύετε ότι τα μόριά του είναι πιο «τακτικά» συνδεδεμένα ή πιο κρυσταλλικά;

39. Στα πολυμερή προσθήκης η σχετική μοριακή μάζα του πολυμερούς είναι ακριβώς …… …… της M_r του …… .

40. Ένα πολυμερές που έχει την παρακάτω δομή :

```
~A – A – A – A – A – A ~
 |   |   |   |   |   |
 A   A   A   A   A   A
```

θα το χαρακτηρίζατε σαν :
α. γραμμικό β. διακλαδισμένο
γ. δικτυωτό

41. Τι είναι σωστότερο να ορίζεται ως *βαθμός πολυμερισμού* (ν ή i): ο αριθμός των μονομερών που αποτελούν το πολυμερές ή ο αριθμός των μονομερών που αποτελούν μία αλυσίδα του πολυμερούς;

42. Τα υλικά τα οποία επανακτούν το αρχικό τους σχήμα μετά από μία παραμόρφωση λέγονται :

α. πλαστικά β. ελαστομερή γ. θερμοπλαστικά δ. ίνες

43. Ποια είναι η σχετική μοριακή μάζα του PVC, αν ένα μόριο του πολυμερούς αποτελείται από 2 500 μόρια του μονομερούς ;

M_r = 156 250

44. Η αντίδραση RCO - OH + H - NHR΄ → ROC - NHR΄ + H_2O
είναι μία αντίδραση : α. πολυμερισμού β. συμπύκνωσης
γ. εστεροποίησης δ. προσθήκης .

45. Στην παραπάνω αντίδραση και κυρίως στη φάση του πολυμερισμού απομακρύνεται κατάλληλα το νερό. Αυτό γίνεται :
α. Για να παράγεται άνυδρο προϊόν
β. Για να μη διασπάται το προϊόν
γ. Για να επιταχύνεται η αντίδραση λόγω αύξησης της συγκέντρωσης των αντιδρώντων .
δ. Για να μετατοπίζεται η ισορροπία προς τα «δεξιά».

46. Το μονομερές του $(-CH_2-CH=CH-CH_2-)_\nu$ είναι :
α. $CH_3CH=CHCH_3$ β. $CH=CH_2CH_2CH_3$ γ. $CH_2=CH-CH=CH_2$

M_r = 108 000

47. Ποια είναι η σχετική μοριακή μάζα πολυμερούς που αποτελείται από 2000 μόρια του μονομερούς $CH_2=CH-CH=CH_2$;

β. Πρωτεΐνες

48. Το προϊόν της αντίδρασης :
$H_2N-CH_2-CO-OH + H-NH-CH_2COOH \rightarrow H_2N-CH_2-CO-NH-CH_2-COOH$
είναι : α. μία πρωτεΐνη β. ένας εστέρας
γ. ένα πολυπεπτίδιο δ. ένα διπεπτίδιο

2^2 = 4 αμινοξέα

49. Μεταξύ των αμινοξέων *αλανίνη*, $NH_2-CH(CH_3)-COOH$ και *γλυκίνη*, πόσα και ποια διπεπτίδια μπορούν να δημιουργηθούν; Σε τι τυχόν διαφέρουν;

* **50.** Πόσα διπεπτίδια μπορούν να προκύψουν από συνδυασμό 20 διαφορετικών αμινοξέων; Θυμηθείτε ότι μεταξύ 2 προκύπτουν δύο, μεταξύ τριών 9 κ.ο.κ.

51. Οι πρωτεΐνες μπορούν να θεωρηθούν φυσικά ..... ή πολυμερή.....

* **52.** Η $C_2H_5NH_2$, το CH_3COOH και το NH_2CH_2COOH έχουν αντίστοιχα σημεία τήξης -81, 17 και 233 °C. Αυτό οφείλεται στις διαφορετικές μοριακές τους μάζες ή στην ύπαρξη διαφορετικών δυνάμεων άρα και δεσμών μεταξύ των μορίων τους; Τι είδους δυνάμεις αναμένετε να υπάρχουν στα δύο τελευταία;

53. Ένα αμινοξύ το οποίο απομονώθηκε από έναν ιστό ζώου αναλύθηκε και βρέθηκε να περιέχει 18,65% N. Το αμινοξύ αυτό είναι:

α. η γλυκίνη β. η αλανίνη

γ. η σερίνη ($HO-CH_2-CH(NH_2)-COOH$)

54. Ποσότητα $CH_3CH(NH_2)COOH$ (αλανίνη) θερμαίνεται με διάλυμα HNO_2, οπότε παράγονται 448 cm^3 N_2 αναγόμενα σε πρότυπες συνθήκες (μέθοδος Van Slyke). Υπολογίστε την ποσότητα της αλανίνης.

1,78 g

γ. Υδατάνθρακες.

55. Η αντίδραση $C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \rightarrow C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6$, είναι μία:
(γλυκόζη) (φρουκτόζη)

α. φωτοσύνθεση β. καύση γ. υδρόλυση δ. ισομερείωση.

56. Στη φύση απαντούν περίπου 20 μονοσακχαρίτες εκ των οποίων ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζουν η *γλυκόζη* και η *φρουκτόζη*. Και οι δύο έχουν μοριακό τύπο $C_6H_{12}O_6$, αλλά διαφέρουν στη δομή τους, δηλαδή στο δομικό, συντακτικό τύπος τους. Συνεπώς είναι ενώσεις:

α. πολυμερείς β. ισομερείς . γ. μονομερείς δ. διμερείς

* **57.** Η *αμυλόζη* που είναι το κύριο συστατικό του *αμύλου* βρέθηκε να έχει M_r ίσο με $4,5 \cdot 10^5$. Αυτή είναι πολυμερές της γλυκόζης προς την οποία και υδρολύεται: $(C_6H_{10}O_5)_\nu + \nu H_2O \rightarrow \nu\, C_6H_{12}O_6$. Από πόσες λοιπόν *γλυκοζιτικές* μονάδες αποτελείται η συγκεκριμένης προέλευσης αμυλόζη;

58. Να αντιστοιχίσετε τους παρακάτω υδατάνθρακες με τις κατηγορίες στις οποίες ανήκουν

$C_{12}H_{22}O_{11}$	πολυσακχαρίτης
$C_6H_{12}O_6$	τρισακχαρίτης
$(C_6H_{10}O_5)_\nu$	εξόζη
$C_{18}H_{32}O_{16}$	δισακχαρίτης

59. Στα φυτά η περίσσεια της παραγόμενης γλυκόζης αποθηκεύεται ως ……., ενώ στα ζώα η αποθήκευση στο συκώτι και τους μύες ως ……

60. Μία από τις σπουδαιότερες *ζυμώσεις* (ενζυματικές διασπάσεις) που υφίστανται ορισμένα ζάχαρα είναι και η *οινοπνευματική*:
$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\, CH_3CH_2OH + 2\, CO_2$. Το παραγόμενο CO_2 απομακρύνεται από το διάλυμα προκαλώντας έτσι μείωση βάρους του διαλύματος που ζυμώθηκε. Άρα η απώλεια βάρους % του σακχάρου θα είναι :

α.88% β.48,8% γ.52% δ.44% ε.24,4%

61. Με ποια σειρά αντιδράσεων είναι δυνατόν με πρώτη ύλη γλυκόζη να παρασκευαστεί οξικός αιθυλεστέρας; Να αναφέρετε συνθήκες για κάθε προτεινόμενη αντίδραση.

7,2% w/v

** **62.** Σε περίσσεια διαλύματος του Benedict προστίθενται 50,0 mL ενός διαλύματος $C_6H_{12}O_6$. Καταπίπτει έτσι ερυθρό ίζημα Cu_2O, το οποίο πυρώνεται

στον αέρα και μετατρέπεται σε CuO. Αυτό τελικά ζυγίζει 3,18 g. Να υπολογίσετε την % w/v περιεκτικότητα του σακχαρούχου διαλύματος .

107,3 L

**63. Από 1 000 Kg σακχαρότευτλα, τα οποία περιέχουν 15% σε βάρος καλαμοσάκχαρο, λαμβάνεται με σειρά ποσοτικών αντιδράσεων οινοπνευματικό διάλυμα 94 αλκοολικών βαθμών. Αν η πυκνότητα ρ της αλκοόλης είναι 0,8 $g \cdot mL^{-1}$ να υπολογίσετε τον όγκο του διαλύματος.

55,8 Kcal.

* 64. Οι σπόροι από το φυτό ηλιοτρόπιο περιέχουν ανά 28 g (μία *ουγκιά*) 7 g πρωτεΐνες, 5 g σάκχαρα και 12 g λίπους. Πόσα Kcal παίρνει κάποιος τρώγοντας 10 g από τους «ηλιόσπορους» αυτούς;

δ. Λίπη, έλαια, σαπούνια, απορρυπαντικά

65. Οι εστέρες της γλυκερίνης με ανώτερα οργανικά οξέα είναι τα ... . . . και τα ..... . Οι εστέρες κατώτερων ή μέσων αλκοολών με κατώτερα ή μέσα οξέα είναι τα .... ή essences .

66. Η ένωση:

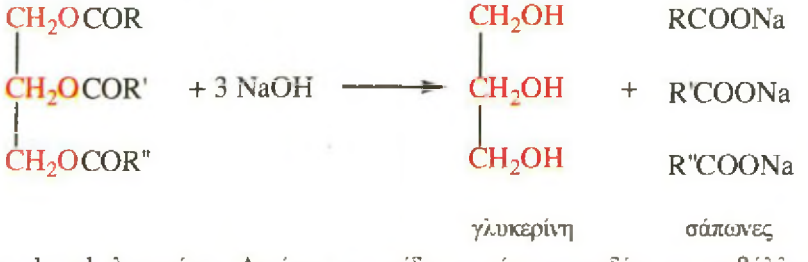
$C_{17}H_{33}COOCH_2$
|
$C_{17}H_{33}COOCH$
|
$C_{17}H_{33}COOCH_2$

Είναι η:
α. *τριελαΐνη*
β.τριελαϊκός εστέρας της γλυκερίνης
γ.ελαΐνη
δ όλα αυτά

67. Η αντίδραση $(C_{17}H_{33}COO)_3C_3H_5 + H_2 \rightarrow (C_{17}H_{35}COO)_3C_3H_5$ είναι:
α. πολυμερισμός β. υδρογόνωση γ. σαπωνοποίηση δ. υδρόλυση

68. Το 9-οκταδιενικό οξύ (για την ακρίβεια το cis-) είναι το
α. παλμιτικό β. το ελαϊκό γ. το στεατικό δ. οξικό

69. Η παρακάτω αντίδραση δίνει το γενικό σχήμα μιας αντίδρασης σαπωνοποίησης:
Η αντίδραση αυτή είναι ποσοτική δηλαδή από 1 mol γλυκεριδίου παράγε-



ται 1 mol γλυκερίνης. Αν όμως η αντίδραση γίνει σε ουδέτερο περιβάλλον, τότε παράγεται 1/3 mol γλυκερίνης. Τότε η *απόδοση* αυτής θα είναι:
α. 66,6% β. 33,3% γ.0,333 δ.11,1%

70. Τα συνθετικά απορρυπαντικά υπερέχουν ως προς τα σαπούνια διότι: (Επιλέξτε τα σωστά)

α. είναι πιο δυσδιάλυτα.

β. δρουν και σε σκληρό νερό

γ. έχουν συναγωνίσιμο κόστος, μια και χρησιμοποιούν ως πρώτες ύλες πετρέλαιο και H_2SO_4

δ.παρουσιάζουν αλκαλική αντίδραση

ε. δε χρησιμοποιούν ως πρώτες ύλες ουσίες που έχουν θρεπτική αξία

71. Τα σαπούνια με κάλιο, δηλαδή τα με K άλατα των λιπαρών οξέων είναι πιο απαλά και πιο διαλυτά από εκείνα με νάτριο. Χρησιμοποιούνται στις κρέμες ξυρίσματος και στα υγρά σαπούνια. Να γράψετε την αντίδραση σαπωνοποίησης της τριστεαρίνης με KOH.

72. Ένα πλυντήριο περιέχει 40 L νερό το οποίο είναι πολύ σκληρό και περιέχει 0,1 mol Ca^{2+} ανά L. Πόσα g Na_2CO_3 (το οποίο είναι αποσκληρυντικό) χρειάζονται για να απομακρύνουν την ποσότητα αυτή του Ca; Ποια ποσότητα σαπουνιού σε σκόνη [$NaOCO(CH_2)_{16}CH_3$] με σχετική μοριακή μάζα 306 καταναλώνεται για την καταβύθιση της ποσότητας αυτής του Ca;

73. Γιατί δε θα χρησιμοποιούσατε για την παρασκευή σαπουνιού :

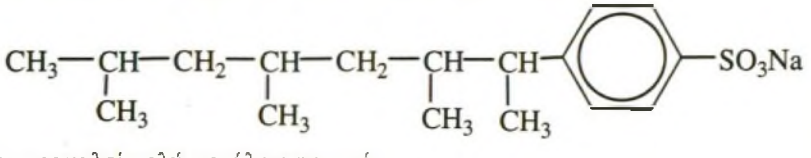
α. λιπαρά οξέα με λιγότερα από 12 άτομα C

β. λιπαρά οξέα με πάνω από 18 άτομα C

γ. οξέα με μεγάλη ανθρακική αλυσίδα για υγρά σαπούνια .

74. Μετά το 1970, πάνω από το 75% των απορρυπαντικών πλυντηρίων περιέχουν ένζυμα. Μπορείτε να κάνετε μια γενική αιτιολόγηση για την προσθήκη αυτή; Να εστιάσετε την προσοχή σας στην χρήση των ενζύμων *λιπάση* και *πρωτεάση*.

75. Η παρακάτω ένωση δε συνιστάται ως απορρυπαντικό διότι:



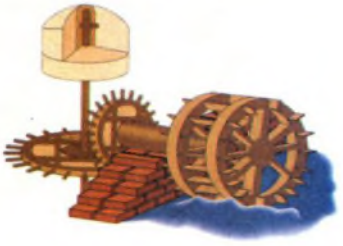
α. προκαλεί πολύ μεγάλο αφρισμό

β. δε διαλύεται στο νερό

γ. δε *βιοαπυσυντίθεται* από τα ένζυμα

416 g Na_2CO_3

1232 g σαπούνι.



Δραστηριότητα

Η λακτόζη είναι ένας δισακχαρίτης που βρίσκεται στο γάλα. Παρόλο που το γάλα θεωρείται «σωματοφύλακας της υγείας», πολλοί ενήλικοι σε όλο τον κόσμο δεν μπορούν να πιουν γάλα, διότι δεν το χωνεύουν. Ο λόγος είναι ότι τα άτομα αυτά στερούνται της λακτάσης. Στα άτομα αυτά όταν πιουν γάλα, η λακτόζη σωρεύεται στο λεπτό έντερο, μια και δεν υπάρχει μηχανισμός απορρόφησης αυτού του δισακχαρίτη.

Η συσσώρευση αυτή προκαλεί «φούσκωμα», κράμπες και διάρροια.

Συνδυάζοντας χημεία και φυσιολογία απαντήστε:

α. Γιατί η λακτόζη δεν περνά μέσα από τη μεμβράνη των επιθηλίων κυττάρων του εντέρου στο κυτταρικό υγρό;

β. Γιατί αυτή η αυξημένη συγκέντρωση σακχάρου στο έντερο προκαλεί την υπερβολική είσοδο νερού σε αυτό με αποτέλεσμα να προκαλεί διάρροια;

γ. Πώς όλα αυτά αποφεύγονται από την παρουσία του κατάλληλου ενζύμου ;

Απαντήσεις στις ασκήσεις πολλαπλής επιλογής και σωστού - λάθους

36. γ

37. με το ψηλό σ.τ.

39. πολλαπλάσιο του μονομερούς

40. γ

41. το δεύτερο

42. β

44. β

45. γ και δ

46. γ

48. δ

51. Πολυπεπτίδια ή αμίδια

52. Δεσμός Η

53. α

55. γ

56. β

59. άμυλο, γλυκογόνο

60. β

65. λίπη, έλαια, αιθέρια έλαια

66. δ

67. β

68. β

69. β και γ

70. β και γ και ε

75. β

Με απόφαση της Ελληνικής Κυβέρνησης τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου και του Λυκείου τυπώνονται από τον Οργανισμό Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν βιβλιόσημο προς απόδειξη της γνησιότητάς τους. Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δε φέρει βιβλιόσημο, θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του Νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946, 108, Α').

ΒΙΒΛΙΟΣΗΜΟ

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

ΕΚΔΟΣΗ Α' 2011 - ΑΝΤΙΤΥΠΑ: 148.000 - ΑΡ. ΣΥΜΒΑΣΗΣ: 20/14-07-2011

ΕΚΤΥΠΩΣΗ - ΒΙΒΛΙΟΔΕΣΙΑ: ΤΥΠΟΕΚΔΟΤΙΚΗ Α.Ε.

7. Βιομόρια και Άλλα Μόρια

35. α.CH_2=CHCl (βινυλοχλωρίδιο) β. C_6H_5-CH=CH_2
γ. CH_2=$CHCH_3$ δ. CF_2=CF_2
ε. CH_2=CHCN (ακρυλονιτρίλιο)
στ.CH_2=C(CH_3)$COOCH_3$ (μεθακρυλικός μεθυλεστέρας)

36. Είναι *ετεροπολυμερή* (α)

37. Αποσπάται αιθανόλη (γ)

38. Σε αυτό που έχει πιο ψηλό σημείο τήξης και αντοχή. Σε αυτό τα μόρια έχουν μια πιο *τακτική* στερεοχημική δομή.

39. ακέραιο πολλαπλάσιο ….μονομερούς.

40. Είναι *δικτυωτό* μια και σχηματίζεται ένα πλέγμα ή δίκτυο από την σύνδεση των αλυσίδων μεταξύ τους.

41. Είναι προτιμότερο να ορίζεται ο αριθμός των μορίων μιας αλυσίδας ο οποίος προσδιορίζεται πειραματικά.

42. Πλαστικά.

43. Είναι 2500 $\cdot$ 62,5 $g\cdot mol^{-1}$ = 156250 $g\cdot mol^{-1}$

44. Συμπύκνωσης μια και αποσπάται ένα "μικρό" μόριο.

45. 45. Το δ ως μια εφαρμογή της αρχής Le Chatelier.

46. Το γ και ο πολυμερισμός ακολουθεί τον μηχανισμό της 1,4 προσθήκης.

47. 108000 $g\cdot mol^{-1}$.

Πρωτεΐνες.

48. Είναι ένα διπεπτίδιο (δ)

49. 2^2 = 4 διπεπτίδια τα οποία πλην των άλλων θα διαφέρουν και στην M*r* τους.

50. 20^2 = 400 διπεπτίδια

51. …..πολυαμίδια……πεπτίδια….

52. Τα ψηλά σημεία τήξης οφείλονται στην ύπαρξη *δεσμών υδρογόνου* τόσο στα οξέα όσο και στα αμινοξέα και όχι στις αμίνες.

53. Οι σχετικές μοριακές μάζες των τριών αμινοξέων είναι αντίστοιχα 75 , 89 και 95 $g \cdot mol^{-1}$ και περιέχουν όλα ι mol ατόμων N (14 g) ανά mol.. Το πιθανότερο είναι το πρώτο. Πράγματι αυτό έχει $14 \cdot 100/75 = 18,66$ % N (α)

54. $CH_3CH(NH_2)COOH + HNO_2 \rightarrow CH_2{=}CHCOOH + N_2 + 2\,H_2O$

1 mol 1 mol

0,02=; 448/22400

Άρα η μάζα είναι $0,02\ mol \cdot 89\ g \cdot mol^{-1} = 1,78\ g$

Υδατάνθρακες.

55. γ. Είναι μια υδρόλυση της σακχαρόζης στα δύο απλά σάκχαρα.

56. β. Είναι ,συντακτικά, ισομερείς ενώσεις.

57. Ο αριθμός των μονομερών μονάδων είναι $4,5 \cdot 10^5 /180 = 2500$

58. $C_{12}H_{22}O_{11}$ δισακχαρίτης

$C_6H_{12}O_6$ εξόζη

$C_6H_{10}O_5)_v$ πολυσακχαρίτης

$C_{18}H_{32}O_{16}$ τρισακχαρίτης

59. .....κυτταρίνη , ...γλυκογόνο

60. Η απώλεια βάρους ανά mol (180 g) είναι $2 \cdot 44 = 88$ g ή 48,89% (β)

61. $C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\,CH_3CH_2OH + 2\,CO_2$ (οινοπνευματική ζύμωση)

$CH_3CH_2OH + [O] \rightarrow CH_3COOH$ (οξείδωση π.χ.με $KMnO_4$)

$CH_3COOH + CH_3CH_2OH \rightarrow CH_3COOCH_2CH_3$ (εστεροπ.)

62. Από 1 mol σακχάρου παράγεται 1 mol Cu_2O το οποίο οξειδούμενο θα δώσει 2 mol CuO ($Cu_2O + \frac{1}{8}O_2 \rightarrow 2CuO$)

Άρα τα 3,18 g / 79,5 $g \cdot mol^{-1}$ = 0,04 mol CuO θα αντιστοιχούν σε 0,02 εξόζης ή $0,02\ mol \cdot 180\ g/mol = 3,6\ g \rightarrow 7,2\%w/v$

63. Υπάρχουν 150 kg $C_{12}H_{22}O_{11}$ ή 150000 γ/342 $g \cdot mol^{-1}$ = 438,6 mol. Αυτά θα δώσουν 877,2 mol $C_6H_{12}O_6$ τα οποία με την σειρά τους

θα δώσουν 1754,4 mol C_2H_5OH ή 80701,8 g ή 100877,2 mL καθαρό οινόπνευμα. ·100/94 = 107,3 L.

64. Σε 10 g σπόρων περιέχονται 70/28=2,5 g πρωτεΐνες, 50/28 =1,79 g σακχάρων και 4,29 g λίπους. Χρησιμοποιώντας των " κώδικα" 4-4και9 kcal·g^{-1} αντίστοιχα παίρνουμε τελικά :
q = 2,5·4 + 1,79·4 + 4,29·9 = 55,8 kcal.

Λίπη , έλαια, σαπούνια. απορρυπαντικά.

65. ...λίπη , ...έλαια , ...αιθέρια έλαια.....

66. δ. όλα αποδίδουν την ίδια ένωση

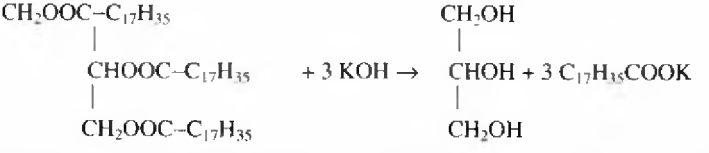
67. β. Είναι μια υδρογόνωση ελαίου προς λίπος

68. Είναι η χημική ονομασία του ελαϊκού οξέος (β)

69. β και γ. Η απόδοση είναι 1/3/1 0,333 ή 33,3%

70. Βασικά το β μια και δρουν αποτελεσματικά και σε σκληρό νερό. Όμως και τα γ και ε επίσης τα χαρακτηρίζουν

71.



72. Στα 40 L του νερού του πλυντηρίου περιέχονται 4,0 mol Ca^{2+}. Άρα :

$$Ca^{2+} + Na_2CO_3 \rightarrow CaCO_3 + 2\ Na^+$$

1 mol 1 mol

4mol ;= 4 mol → 4 mol · 106 g/mol = 424 g

Στην περίπτωση του σαπουνιού με γενικό τύπο RCOONa και M_r = 306 g/mol η αντίδραση θα είναι :

$$Ca^{2+} + 2\ RCOONa \rightarrow (RCOO)_2Ca + 2\ Na^+$$

1 mol 2 mol

2 ;= 8 mol → m = 8 mol ·306 g/mol = 2448 g

73. α. Λόγω μικρής αλυσίδας άρα και υδρόφοβου τμήματος είναι πιο πτητικά (πρόβλημα οσμής) και πιο ισχυρά προσβάλλοντας το δέρμα.

β. Οι σάπωνες με μεγαλύτερη αλυσίδα θα ήταν πλήρως αδιάλυτοι στο νερό.

γ.Όσο μεγαλύτερη η αλυσίδα τόσο πιο σκληρό και στερεό το σαπούνι

74. Τα ένζυμα αυτά διασπούν τα λίπη και τα έλαια

75. Δεν αποσυντίθεται από τα ένζυμα (γ).